



# **Treball Final de Grau PREPARACIÓ DE MATERIAL DOCENT PRÀCTIC PER A LA PROMOCIÓ DEL GRAU D'ENGINYERIA QUÍMICA**

---

**Grau en Enginyeria Química      Curs  
16/17**

Autor: Josep Pérez Fàbregas

Director: Antonio David Dorado Castaño

Data: 13/10/2017

Localitat: Manresa

## AGRAÏMENTS

Dedicat als meus companys, a tots aquells que hi ha sigut, a aquells que ara hi són i a aquells que hi seran, als professors que ens han acompanyat i transmès els seus coneixements, ja que sense ells res del que vingui seria possible. I sobretot a la família, que sempre és allà per donar aquella empeneta necessària per a poder continuar, a tots ells per ser la meva energia d'activació per que la reacció que ha estat la meva formació acabi donant el producte desitjat.

Sempre a punt

## RESUM DEL PROJECTE (en català)

Aquest projecte ha estat dissenyat amb l'objectiu de mostrar a l'alumnat de batxillerat les múltiples sortides del grau d'enginyeria química, i a l'hora mostrar una pinzellada dels coneixements donats al grau, adaptats al currículum marcat pel Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya, per al que fa als coneixements previs dels estudiants de Batxillerat de la branca tecnològica i científica.

Aquest projecte s'ha dissenyat en forma de tallers de pràctiques de laboratori. En ell es mostra els diferents processos possibles dins de la indústria química, on l'estudiant pot comprovar la utilitat de l'enginyer químic a la indústria i de les diferents vessants que aquesta presenta, ja sigui per la procedència de les matèries primeres o per els processos que s'hi duen a terme. A l'hora de donar un suport teòric per a l'aprenentatge de les principals unitats químiques presents a la indústria, s'ha realitzat una radiografia del sector i dels estudis actuals d'enginyeria química. També s'ha realitzat una descripció històrica del sector, per tal de donar les eines a l'alumnat de batxillerat de les diferents modalitats tècniques i científiques per a que pugui entendre la importància de la indústria química a la nostra societat i engrescar-los a cursar els estudis del grau d'enginyeria química.

Per fer-ho s'han dissenyat un conjunt de tretze pràctiques de laboratori basades en alguns dels processos més comuns a les indústries del sector químic, mostrant així la importància de l'enginyer en aquesta branca del sector industrial i les seves múltiples tasques dins de l'empresa. Aquestes pràctiques tracten les temàtiques següents:

- Perdues de pressió dins de tubs
- Transmissió de calor
- Sistemes d'agitació
- Determinació de fases líquides a través d'ús de centrifugadora
- Estudi d'una fermentació alcohòlica
- Extracció en continu amb l'ús d'un soxhlet
- Eliminació de contaminants en diferents punts d'una torre d'adsorció
- Efecte dels floculants per eliminar fangs d'aigües

- Obtenció i caracterització de biocombustibles a partir de residus
- Recobriments metal·lics usant una cel·la electrolítica

Amb aquest conjunt de temàtiques és treballa gran part de les diferents basants de la indústria química, i de les tasques del enginyer dins d'aquesta, adaptant aquests processos a un llenguatge i uns coneixements adequats per als estudiants de batxillerat.

## RESUM DEL PROJECTE (en anglès)

This project has been created with the desire to show high school students the multiple choices after finishing the Chemical Engineering Degree, and at the same time show, in a simple way, the skills acquired from the curriculum made by the Learning Department of the Generalitat de Catalunya, for all the students who are doing technological and scientific studies in high school.

The performing of this project has been made through practical experiments in the laboratory. It shows the different processes that can be performed in the chemical industry, where the student can check the usefulness of being a chemical engineer in the industry and the different aspects that it presents, from raw materials until the processes where they are transformed.

Also, this project wants to give theoretical support to the Student to improve its learning skills about the different chemical units in the industry, it has been done an analysis of the sector and slight historical brushstroke of this.

To do this, a set of thirteen laboratory practices have been designed based on some of the most common processes in the chemical industry, showing the importance of the engineer in this branch of the industrial sector and its multiple tasks within the company. These practices deal with the following topics:

- Loss of pressure in tubes
- Transmission of heat
- Agitation systems
- Determination of liquid phases through the use of centrifuge
- Study of alcoholic fermentation
- Continuous extraction with the use of a Soxhlet
- Elimination of pollutants at different points of an adsorption tower
- Effect of flocculants to eliminate water sludge
- Obtaining and characterization of biofuels from waste

- Metallic coatings using an electrolytic cell

With this set of topics, a large part of the different basics of the chemical industry work, and the tasks of the engineer within it, adapting these processes to a language and knowledge appropriate to high school students.

## Índex

1.- Presentació i motivació .....	9
2.- Objectiu general del projecte. ....	10
3.- Introducció .....	11
3.1.- Que és l'enginyeria química .....	11
3.2.- Com es forma un enginyer .....	15
3.3.- Evolució històrica de la indústria química.....	24
3.4.- Estat del sector químic a l'estat espanyol.....	29
4.- Taller de pràctiques per a estudiants de batxillerat .....	61
4.1- Processos fonamentals de l'enginyeria química .....	64
4.1.1- Pèrdues de càrrega dins un circuit.....	65
4.1.2- Transmissió de calor en intercanviador de tubs concèntrics.....	88
4.1.3- Sistemes d'agitació i eliminació de vòrtex en reactors.....	109
4.2- Processos de la indústria cosmètica .....	118
4.2.1- Extracció d'olis essencials de plantes aromàtiques per arrossegament amb vapor. .....	119
4.2.2- Preparació d'una emulsió per a cremes hidratants. ....	128
4.3- Processos de la indústria farmacèutica.....	137
4.3.1- Cristal·lització, purificació i creació de comprimits d'àcid acetilsalicílic. ....	138
4.4- Processos de la indústria alimentària .....	150
4.4.1- Determinació de greixos per centrifugació d'una llet comercial. ....	151
4.4.2- Estudi de la dependència de la concentració de sucres en una fermentació alcohòlica amb <i>saccharomises cervisae</i> . ....	168
4.4.3- Determinació i extracció de greixos en continu d'una mostra de fruits secs amb extractor soxhlet. ....	182
4.5- Processos de control mediambiental.....	194
4.5.1- Determinació i eliminació de polifenols en aigües residuals- <i>Determinació de                 l'alçada necessària de filtres de carbó actiu per a la completa eliminació dels polifenols                  presents a les mostres.</i> ....	195

4.5.2 Efecte dels floculants en l'eliminació de partícules en suspensió en aigües residuals per decantació - Test de gerres.....	207
4.6- Processos de la indústria petroquímica .....	223
4.6.1- Obtenció i caracterització de biocombustibles a partir d'oli usat. ....	226
4.7- Processos de la indústria metal·lúrgica.....	236
4.7.1- Recobriments d'una peça metàl·lica amb una cel·la electrolítica .....	237
5.- Avaluació dels tallers per part de l'alumnat .....	245
5.1.- Sistema d'avaluació de les pràctiques .....	248
5.1.1.- Valoració de l'interès de cada pràctica .....	248
5.1.2.- Dificultat de les pràctiques realitzades .....	252
5.1.3.- Adequació del material previ facilitat .....	255
5.2.- Avaluació general dels tallers de pràctiques realitzats i del alumne encarregat d'aquests .....	258
6.- Discussió general.....	259
7.- Conclusions .....	264
8.- Referències.....	265
9.-Índex d'imatges, taules i equacions .....	293
10.- Annexos.....	304



## 1.- Presentació i motivació

La realització d'aquest projecte es planteja amb l'objectiu de mostrar a l'alumnat de batxillerat la majoria dels camps d'acció dels enginyers dins de la indústria química, i mostrar així, d'una forma dinàmica moltes de les tasques designades als enginyers, i així animar-los a decantar-se per a cursar el grau d'enginyeria química.

Per fer-ho s'han estudiat i dissenyat un conjunt de tretze pràctiques de laboratori, les quals, s'han basat en operacions i processos que es duen a terme a la indústria química, de forma que els estudiants tinguin una referència de quina és la tasca i la importància dels enginyers químics i la importància d'aquests per a la indústria, i el pes d'aquesta dins la societat actual.

També és creu necessari donar una explicació del concepte d'enginyer, una breu explicació històrica de la tasca que han dut a terme, aquests, dins la indústria i el pes que té actualment la indústria química en els diferents productes de consum que es tracten en aquesta.

Així doncs el projecte proposa aquest conjunt de pràctiques, per que durant propers cursos es puguin realitzar, i oferir, al diferents centres de batxillerat per tal de poder mostrar, despertar la curiositat i animar als futurs estudiants universitaris a convertir-se en enginyers.

Per al que fa a les motivacions personals per dur a terme aquest projecte, el principal factor que m'ha empes a l'elecció d'aquest tema, és el fet de treballar en l'àmbit d'educació i la promoció científica. Tenint en compte que per a cursos vinents una de les opcions que més força pren és seguir la meua formació acadèmica amb el màster en educació secundària de química i física.

## 2.- Objectiu general del projecte.

L'objectiu que cerca aquest projecte és, a partir d'un conjunt de pràctiques basades en els diferents àmbits de la indústria química motivar l'alumnat de batxillerat de la modalitat científic-tècnica a cursar els estudis de grau d'enginyeria química, mostrant-los els diferents àmbits d'actuació del enginyer químic i la seva importància a la indústria i avaluar la funcionalitat d'aquestes duent-les a terme amb un grup mostra d'estudiants. Per fer-ho es preten crear un conjunt de pràctiques de laboratori adaptant processos presents a cadascun dels sectors de la indústria química a escala de laboratori i adaptant-los als coneixements de química, física, biologia i matemàtiques donats a la formació de batxillerat, tenint especial atenció en els coneixements establerts pel currículum de química de batxillerat que marca el Departament d'ensenyament de la Generalitat de Catalunya.

### 3.- Introducció

#### 3.1.- Que és l'enginyeria química

Per començar aquest treball i tenint en compte l'objectiu d'apropar els conceptes cursats en el grau d'enginyeria química, i com a punt de suport informatiu per als estudiants que cursen els estudis de batxillerat científic i que tenen, com a una de les opcions, decantar-se per aquest grau. És per això que es creu necessari començar des de la base, és a dir, explicant què és el que entenem per enginyeria química.(53)

Segons l'*American Institute of Chemical Engineers (AIChE)* podem definir l'enginyeria química com l'aplicació dels principis de les ciències físiques, juntament amb els principis d'economia i relacions humanes, a camps que pertanyen d'una forma directa al procés o als aparells mitjançant els quals es tracta la matèria per a efectuar un canvi d'estat, del contingut en energia o composició.

Aquesta definició de les característiques de l'enginyeria química ens ha quedat una mica des actualitzada al que fa a tots els processos que pot dur a terme l'enginyer químic dins del món industrial. La definició que ens dona el *NATIONAL RESEARCH COUNCIL of USA* és:

L'enginyeria química es defineix com la disciplina que pretén desenvolupar la capacitat de produir, de forma econòmica, material i productes especials, amb el mínim impacte advers sobre el medi natural.

L'aparició del concepte de preocupació per els efectes adversos del desenvolupament humà, envers el planeta que ens dona aquesta descripció ja s'acosta més a la definició d'enginyeria química actual. Així doncs una bona descripció de que és l'enginyeria química seria:

La disciplina que obté els seus fonaments de les matemàtiques, la física i per descomptat la química. On les seves operacions es desenvolupen sobre la base de coneixements, que ens aporten aquestes ciències juntament, amb aspectes de l'enginyeria, la biologia i les ciències socials. Amb la intenció de trobar la millor forma de generar els processos necessaris de manufacturació i/o obtenció de materials i productes per al consum de la població, tenint en compte l'efecte sobre l'entorn on es realitza l'activitat, quan els processos que comporta aquesta no han estat dissenyats o no s'ha operat de forma correcte. Agafant així des de la concepció de la idea, el procés de realització, el disseny, la realització i els costos del procés.

Com a tal podem datar l'aparició de l'enginyeria química a finals del segle XIX, com a la unió de la química industrial i la enginyeria mecànica, creant un sistema de patrons per a solucionar problemàtiques en la producció de les empreses químiques de l'època. Aquesta aparició d'origen europeu, va ser aplicada l'any 1887 a Manchester, a partir d'un curs d'experiències de enginyeria Química presentades en un format de dotze lliçons, per el professor George E. Davis. Aquesta idea, va ser transmesa als Estats Units, per el professor Lewis M. Norton el qual va establir els primers estudis d'enginyeria química al MIT (Massachusetts Institute of Technology) l'any 1888. Aquesta idea d'estudis especialitzats es va estendre ràpidament per les principals universitats dels estats units i pocs anys després ja s'impartien en 3 facultats més.

La primera etapa de desenvolupament d'aquesta enginyeria, ens ofereix principalment, descripcions de processos i discussions dels principis científics de cada indústria. No va ser fins a l'any 1918 que en va aparèixer, de la mà de Arthur D. Little un dels principals conceptes usats per els enginyers a la indústria química, la unitat d'operació o **operació bàsica**. Aquest concepte ens descriu les etapes més comunes de gran part dels processos industrials, aquest concepte va desenvolupar una revolució en el camp donant la possibilitat de crear aproximacions analítiques entre sistemes similars de diferents indústries a partir de models de càlcul, a partir de comportaments semblants entre substàncies, fent així de les matemàtiques aplicades a aquests sistemes una de les eines més útils a l'hora de dissenyar plantes industrials.

Aquesta aplicació es veu beneficiada de la segona gran eina de l'enginyer químic, i eina fonamental per a l'enginyeria química: **els fenòmens de transport**. Concepte aportat per Robert B. Bird l'any 1960, el qual creava una correlació entre els fenòmens químics amb els físics usant com a base l'estudi d'aquests darrers i posant-los per sobre dels mètodes empírics.

Un cop es van superar les necessitats de producció i extracció de productes dels anys '70, l'enginyeria química es va centrar en els camps de les tecnologies ambientals, energètic, alimentari, producció de materials plàstics i polímers, materials ceràmics i materials compostos. Tot i creant models de simulació i control de processos de les diferents dinàmiques, fent que a finals del segle XX ja es comptessin amb poderoses eines de treball i càlcul capaces de resoldre models d'alta complexitat els quals van trobar, amb la implantació de les eines informàtiques la seva etapa més àlgida, la qual ha permès arribar a uns alts nivells de desenvolupament per a la indústria.

Actualment els estudis d'Enginyeria química es veuen sota el marc de l'anomenat pla Bolonya el qual engloba totes les titulacions d'àmbit europeu, és a dir que la validesa dels diferents pla

d'estudis dins dels països de la unió indiferentment de la procedència d'on s'hagin cursat aquests, ampliant així el mercat laboral de l'enginyer químic.

### *3.1.1- Les tasques d'un enginyer*

Un enginyer és: aquella persona que utilitza els seus coneixements, per tal de, trobar la solució més adequada al problema que se l'hi planteja, amb els recursos dels que disposa. Els problemes més comuns que es pot trobar un enginyer químic a la indústria, són com optimitzar els recursos dels que disposem, l'aprofitament de l'energia produïda per a dur a terme l'activitat de l'empresa, la gestió dels residus dels processos i la minimització de l'impacte ambiental tant a escala local com global.

Així doncs els enginyers químics estan involucrats en la transformació de matèries primeres en productes de valor afegit, tenint en compte aspectes de disseny, prova, escala, operació, control i optimització, això fa que aquests requereixin d'un coneixement exhaustiu de les diferents operacions bàsiques, les quals, fan possible aquestes transformacions. Aquestes operacions bàsiques es fonamenten en els balanços de matèria, energia i quantitat de moviment. Usen aquests coneixements per tal de produir una gran quantitat de productes d'ús diari, com són els plàstics, les fibres, pintures, productes farmacèutics i medicaments, productes de neteja, proteccions per a productes metàl·liques o carburants entre molts altres. La seva tasca consisteix en trobar la millor forma d'aconseguir un producte a partir de les matèries primeres que arriben a la indústria.

És comú que els enginyers liderin equips compostos per professionals d'altres camps, i en molts casos participin activament en totes les fases dels projectes on estan involucrats.

Cal tenir en compte que quan un enginyer químic dissenya un nou procés, ha de tenir en compte molts altres factors a part dels relacionats amb la química en sí. Com són els costos, les normatives de seguretat mediambiental i d'operació per als operaris, els temps d'operació que comporten els processos i fins i tot en alguns casos la distribució final d'aquest productes. Així doncs podem assegurar que gran part de la feina que ha de fer un enginyer es troba en la cerca i selecció d'informació.

Així doncs un enginyer pot ser descrit com a una persona hàbil i creativa a l'hora de buscar i trobar solucions als problemes que se l'hi presenten, curiosa per al que fa a la seva necessitat d'aprenentatge, doncs l'enginyer sempre va en busca de nous reptes per tal de millorar dia rere dia. També solen ser persones amb habilitat per a les interrelacions personals, amb habilitat per motivar i dirigir, fet que fa que, en general, siguin persones amb un marcat rol de

lideratge.

Facilitat per a l'ús de les noves tecnologies, doncs a l'actualitat moltes de les eines que dia a dia usa l'enginyer venen estretament lligades amb les noves tecnologies i els avenços científics. I per últim però no menys important solen ser persones compromeses amb el medi ambient i els problemes que l'acció del home ha causat. Si com a estudiant de batxillerat consideres que tens alguna o varies d'aquestes qualitats és molt possible que l'enginyeria sigui el teu proper pas a la teva formació acadèmica.

### 3.2.- Com es forma un enginyer

L'enginyer com ja hem dit és un perfil de persona, el qual, està encarat a la resolució de problemes de caire industrial a partir de l'aplicació de coneixements científics, és per això que la seva formació compta amb una base sòlida de coneixements de física, matemàtiques, tecnologies de la informació i comunicació, dibuix tècnic, i per descomptat en el cas que ens escau com a enginyers químics, la química, la qual és la nostra matèria d'especialització i en la que indagar amb més profunditat.

#### 3.2.1.- Coneixements pre-universitaris

La química és una de les ciències més presents en la societat actual, ens abraça des dels estudis dedicats a materials i substàncies, és present en els àmbits de desenvolupament tecnològic des del disseny de materials, fàrmacs, combustibles, com a materials per al sector agrícola com fertilitzants i insecticides, en l'elaboració de pigments i pintures, etc.

Aquesta ciència ens aporta elements usats en altres branques de la ciència, i és bàsica per entendre conceptes de les ciències de la salut, ciències de la terra i medi ambient i en el cas que ens centrem en aquest treball, l'àmbit de l'enginyeria i més específicament de la química industrial.

Podem diferenciar tres nivells d'operació de la química, macroscòpic, microscòpic i simbòlic. On estudia i descriu les transformacions de la matèria, la comprensió del comportament de la matèria a partir dels models atòmic-moleculars i la representació de les substàncies i els seus canvis a partir de l'ús de fórmules, símbols, equacions diagrames i models respectivament.

Actualment els plans d'estudis previs a la formació universitària aborden aquests coneixements de forma seqüencial, de manera que la comprensió dels conceptes teòrics ens ajudin a la comprensió dels fenòmens que s'estudien i a l'hora a la resolució dels problemes que se'ns plantegen. De manera que l'alumnat compregui la importància de les relacions de la química amb els diferents camps i les seves implicacions socials, com són la millora de la qualitat de vida i el medi ambient, i consegüentment, el desenvolupament sostenible de la societat.

### 3.1.1.a- Coneixements Batxillerat

L'actual currículum aprovat per ell departament d'ensenyament de la Generalitat de Catalunya, segons el decret 142/2008 –( DOGC núm. 5183) ens emmarca els coneixements de química d'aquesta etapa en els següent temari classificat en dos cursos:

Primer Curs	Segon Curs
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Els orígens del model atòmic-molecular de la matèria.</li> <li>- Els gasos, líquids i solucions.</li> <li>- Un model per als àtoms.</li> <li>- Estructura dels materials.</li> <li>- L'enllaç entre àtoms i molècules.</li> <li>- El món de la química orgànica.</li> <li>- Les reaccions químiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La radiació, els àtoms i les molècules.</li> <li>- Els canvis d'energia en les reaccions químiques.</li> <li>- Equilibri de fases i equilibri químic.</li> <li>- Equilibris químics iònics.</li> <li>- L'espontaneïtat i velocitat de les reaccions químiques.</li> <li>- Les piles i cel·les electrolítiques.</li> </ul>

Taula 1: Currículum de la matèria de química al batxillerat. Font: Gencat  
[http://xtec.gencat.cat/web/.content/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/0028/f2989dc7-8a2c-4b2f-86e8-4d5929f43fd7/PUBL-curriculum\\_batxillerat.pdf](http://xtec.gencat.cat/web/.content/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/0028/f2989dc7-8a2c-4b2f-86e8-4d5929f43fd7/PUBL-curriculum_batxillerat.pdf)

### 3.2.2.- Tipologies d'estudis

Actualment els plans estudis d'enginyeria química en són regulats per les diferents administracions de les facultats, aquestes però treballen totes amb el model implantat l'any 2010, *bologna procés*, controlat i adaptat en l'àmbit català per el departament d'ensenyament de la Generalitat de Catalunya, i revisat per cadascuna de les universitats actualment es cursen en les següents facultats:

Universitat	Campus/Facultat	Nota de tall PAU 2017
UB	Facultat de Química	8,191
UAB	Escola d'Enginyeria	5,932
UPC	- EPSEM	5,000
	- EEEB	5,000
	- ESEIAAT	6,000
	- EEI	5,000
	- ETSEIB	6,874
UdG	Escola politècnica superior	5,000
URV	Escola tècnica Superior d'enginyeria química	5,000
URL	IQS school of engineering	-
UJI	Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals	5,000

Taula 2: Nota de tall de les PAU per universitats curs 2017-2018



### 3.2.2.a.- Diplomatures d'enginyeria química (estudis en extinció)

Algunes de les facultats anteriorment mencionades encara cursen alguns dels plans d'estudis anteriors durant el curs 2016-2017, any on s'ha fet la última convocatòria per al mes de juliol del 2017 a la Universitat Ramon Llull (URL), tal i com està estipulat en els Reials Decrets 1393/2007 i 861/2010, els quals regules els estudis universitaris a l'Estat Espanyol, on es remarca com a data límit per a la extinció d'aquests plans d'estudis el dia 30 de setembre de 2017, eliminant així els plans d'estudis que cursaven el sistema de diplomatures i que ens marcava dos tipologies d'enginyeries:

- L'enginyeria tècnica

- L'enginyeria superior

La URL així doncs va realitzar aquesta última convocatòria per als estudiants d'enginyeria industrial, enginyeria química, llicenciatura en administració i direcció d'empreses i llicenciatura en química aquest darrer mes de juliol de 2017. Els estudiants que per diferents causes no han pogut finalitzar els seus estudis en aquest termini i necessitin del títol oficial, es veuen obligats a sol·licitar l'adaptació dels seus plans d'estudis cap als nous plans de Grau, presents en el pla d'estudis vigent. (Font:(285))

### 3.2.2.b.- Grau d'enginyeria química (pla Bolonya)

Els graus impulsats per el procés de Bolonya ens normalitzaven els estudis universitaris en graus de 240 crèdits ECTS (European Credit Transfer System) el qual es pretén millorar la comparació i transferència dels cursos impartits arreu de les institucions de la Unió Europea, aquests normalitzen i igualen els temps dedicat per l'alumne i els d'hores lectives. Homologant així els diferents estudis a nivell europeu. I actualment amb la discòrdia entre el col·lectiu de l'alumnat d'aplicar el sistema de titulacions de dos cicles emmarca la llei europea, anomenada llei 3+2 la qual segons els sindicats d'estudiants devaluar els estudis de Grau fent gairebé obligatori el fet de cursar un segon cicle o màster per a completar la formació universitària, en comparació amb sistemes educatius anteriors.

Aquest procés facilitava un seguit de mesures:

- La mobilitat estudiantil i laboral arreu d'Europa, en consonància amb el programa d'intercanvi d'estudiants Erasmus.
- La configuració d'un sistema europeu d'educació i de recerca més actiu a nivell mundial.
- Una millora de la incorporació al món laboral per part dels estudiants gràcies a un caràcter més modular de les titulacions.
- I el seu principal punt, el reconeixement automàtic dels títols a nivell continental.

### 3.2.3.- Metodologies d'aprenentatge

Tot i que cada facultat cursa els estudis d'enginyeria química segons els seus criteris, a l'hora de crear un currículum formatiu, principalment les diferents facultats opten per una formació que treballi els conceptes teòrics introduïts amb pràctiques de laboratori les quals serveixen per mostrar als alumnes les diferents aplicacions que es poden trobar a l'hora d'entrar al món laboral.

Aquesta dualitat entre sistema d'aprenentatge pràctic i les classes magistrals fan més comprensibles els processos duts a terme i la seva utilitat, a l'hora de l'aprenentatge dels sistemes de disseny, a partir de l'ús d'eines matemàtiques bàsiques i coneixements de programari, les quals són una part important de l'aprenentatge bàsic donat en els primers cursos del grau d'enginyeria química i ampliat més específicament en els darrers cursos, on l'especificitat dels estudis ja encaren a l'enginyer cap al món de la química industrial i al disseny d'equips.

Alguns exemples en són els següents programes d'estudis i guies dovents de les universitats catalanes, de les que en destaquem tres, la universitat Ramon Llull, la universitat Autònoma de Barcelona i la pròpia UPC:

La universitat Ramon Llull ofereix durant el primer curs les assignatures de *Química General i Fonaments del laboratori químic i biològic*, en el segon curs trobem programades les assignatures de *Química-Física I i II* i *Laboratori de química i enginyeria I i II*, durant el tercer curs trobem el gran gruix d'assignatures pràctiques on trobem *Laboratori de Química orgànica i materials*, *Laboratori d'enginyeria química*, *microbiologia* i *ciència dels materials*, sent les dues primeres assignatures d'aquest bloc de caire anual, finalment durant el quart curs es troben les assignatures de *tècniques experimentals en biociències i practicum (pràctiques externes)*. Cal remarcar que el projecte de final de grau d'aquesta universitat equival a 18 crèdits ECTS. (Font: Pla d'estudis enginyeria química URL)

Per al que fa amb el pla d'estudis de la UAB, durant el primer curs trobem una única assignatura que compta amb sessions de pràctiques, *Equilibri químic*. Durant el segon curs trobem les assignatures de *Química orgànica i Experimentació en Enginyeria Química I*. Trobant en el tercer curs el principal bloc d'assignatures pràctiques amb *Experimentació en Enginyeria Química II i III*. Deixant el quart curs sense assignatures obligatòries de pràctiques. Cal remarcar que el projecte de final de grau de la UAB equival a 15 crèdits ECTS. (Font: Pla d'estudis enginyeria química UAB)

Per al que fa a la UPC, cal tenir en compte que en l'actualitat són quatre les facultats que ofereixen el grau d'enginyeria química, sent aquestes l'EPSEM (Manresa), l'EEBE (Barcelona), l'EEl (Igualada) i l'ESEIAAT (Terrassa). Per fer la comparació amb les altres dues universitats usarem la guia docent de l'EPSEM, on trobem les següents assignatures de química amb pràctiques de laboratori durant el transcurs del grau. Durant el primer curs trobem *Química i Tecnologies Mediambientals i Sostenibilitat*. I on a partir del tercer curs es troba el gran grup d'assignatures amb part experimental, entre les que es troben *Experimentació en enginyeria química (Q6)*, *Química Física (Q5)* i *Anàlisi Química*. Cal destacar que el grau cursat a l'EPSEM compta amb un projecte final de grau equivalent a 24 crèdits ECTS, fent d'aquest el pla d'estudis en el qual el projecte final de grau, en comparació amb les altres universitats, el que té més pes dins de la programació dels estudis esmentats. (Font: Pla d'estudis enginyeria química EPSEM)

### ***3.2.4.- Empreses de subministrament de material de laboratori***

Cal remarcar que els laboratoris de pràctiques de les assignatures del grau d'enginyeria química de l'EPSEM, tenen un conjunt d'instruments, materials i reactius els quals estan a la disposició de l'alumnat per tal de complementar els estudis amb la formació pràctica necessària.

Així doncs la majoria d'aquests productes provenen de diferents cases. Per al que fa al subministrament de reactius i material de laboratori les principals cases de subministrament a les que es recorren són: Labbox, Pidiscat, Scharlab S.L i per al que fa al subministrament de gasos el nostre proveïdor habitual és l'empresa Abelló Linde, la qual té tres de les seves oficines centrals a Barcelona, i dues de les seves delegacions comercials dins del territori català.

Per al que fa a la maquinària i instrumentació dels diferents laboratoris de l'EPSEM trobem una gran varietat d'empreses entre les que destaquen Perkin-Elmer i Thermo Electro Corporation per al que fa al material d'instrumentació d'anàlisi química com són els espectromètres de IR, UV-visible i l'aparell d'absorció atòmica.

Per al que fa al instrumental de processos bàsics de l'enginyeria química podem veure que les principals cases que trobem al laboratori són JP Selecta (per al conjunt de centrifugues, forns i neveres), Gunt Hamburg (per al conjunt d'equips destinats a les pràctiques d'enginyeria química), Ebidon (per al que fa a reactors) i AFORA (gran part del material de vidre present als laboratoris). També en podem trobar d'altres cases com CEPICMA, SA, de la qual prové l'aparell d'agitació emprat per a realitzar la pràctica basada en el test de gerres per a la eliminació de fangs en aigües residuals d'aquest propi document (pràctica *4.5.2 Efecte de floculants i eliminació de partícules en suspensió en aigües residuals per decantació*, pàgina 205).

## 2.2- Experimentació en l'enginyeria química

Les practiques de laboratori són essencials per l'aprenentatge dels estudiants dels graus d'enginyeria química. Els programes educatius de les diferents universitats, moltes vegades es troben enfrontats entre el fet de poder mostrar als seus estudiants totes les possibilitats experimentals que els permeten els estudis, per tal de que tinguin un nivell bàsic d'experiència a l'hora de treballar amb qualsevol tipus de procés, i el fet de com aplicar-les sense que representi un cost elevat per al que fa al instrumental necessari per dur-les a terme.

Alguns departaments aposten per donar una experiència de pràctiques de laboratori des del primer any d'estudis, mentre que d'altres opten per donar informació de les noves tecnologies i plans d'estudi per sobre dels experiments de laboratori.

L'experimentació en l'enginyeria química és una de les parts més importants de la formació que ha de rebre un enginyer, ja que, és la posada en pràctica de tots els coneixements adquirits durant la seva formació, i a l'hora, la forma d'aprendre a dissenyar i treballar els diferents processos i aprendre a controlar les variables que afecten al producte final o al resultat dels processos amb els que es treballa.

Tot i així, per dur a terme aquestes experiències fan falta tot un seguit d'equips, els quals, representen un elevat cost per a les institucions que imparteixen els estudis, sense tenir en compte el manteniment d'aquests. Es tracten de plantes pilot a escala de laboratori, les per les quals durant la seva vida útil han d'estar en ple funcionament i preparades per poder simular processos els quals es puguin traslladar més tard a les diferents indústries on acabin treballant els estudiants.

Els experiments més típics dins dels graus d'enginyeria química, serveixen com a presentació pràctica dels diferents processos industrials, més comuns. Com són la destil·lació, intercanvi de calor, columnes d'extracció, filtres de pressió, sistemes d'osmosi inversa, etc. Mostrant el desenvolupament d'algunes de les àrees de treball dels enginyers químics com són: el processat de polímers, la indústria alimentària, disseny de reactors ambientals, reactors amb fluïdització, separadors de membranes. En la majoria de casos aquests són presentats en forma de planta pilot, ja que aquests processos necessiten d'unes instal·lacions que ja de per si són molt cares, per exemple, una columna de destil·lació a escala de planta pilot, sol estar valorada en uns 100.000\$.

Aquests experiments mostren a l'alumnat una descripció més acurada del procés, de la que es pot transmetre de forma teòrica, a l'hora que serveix per a aprendre el funcionament de

recollida de dades, els sistemes d'avaluació d'aquestes i veure si les experiències realitzades són o no, ben realitzades a partir de l'avaluació i presentació de resultats.

En algunes universitats aquestes pràctiques de laboratori es veuen limitades a sessions de 2 hores, tot i així en altres es considera la importància de l'aprenentatge *in-situ* i és per això que alguns plans d'estudis compten amb un major nombre de laboratoris per tal de que aquestes pràctiques no alenteixin el ritme de treball de la resta de la universitat i puguin treballar a l'hora diferents grups amb la mateixa pràctica.

### 3.3.- Evolució històrica de la indústria química

L'ésser humà per satisfer les seves necessitats materials, utilitza, transforma i consumeix els productes que disposa al seu entorn. La indústria que s'encarrega de transformar químicament les matèries primeres o productes inicials, principalment d'origen natural, en productes de major valor afegit o interès és la indústria química.

Sabem que molts dels processos dels que s'encarrega l'enginyeria química venen des dels inicis de l'ús del foc, on la transmissió d'energia en forma de calor va servir a l'home per elaborar materials i productes, els quals, no existien de forma natural. Alguns exemples com l'elaboració de la ceràmica, l'obtenció del vidre, la fosa de metalls, el procés de d'adobament de pells o algunes formes de conservació d'aliments van ser determinants per a la evolució de la societat humana.

El fet de que en un principi el caràcter artesanal d'aquestes activitats en els seus inicis fa que algunes d'aquestes operacions per si soles no es considerin de la indústria química, tot i que la seva base si que ho sigui. On els primers experiments duts a terme van ser sistemes de destil·lació, cristal·lització, evaporadors i forns.

Amb l'esclat de la revolució industrial del segle XVIII, es van veure accelerats els processos de desenvolupament i com a resultat de la necessitat del moment va ser implantada la màquina de vapor. La aparició i creixement de la indústria manufacturera, tèxtil, del paper, sabons i vidre, va crear la necessitat de certs productes químics en quantitats molt elevades, les quals, no podien ser obtingudes de les fonts naturals que fins al moment els havien servit per abastir-se.

Aquest fet va determinar el gran creixement i descobriments donats en el sector de la investigació i producció de productes químics a gran escala, dos dels productes a destacar per la seva importància en el desenvolupament tecnològic i econòmic d'aquesta etapa de la història són:

- L'obtenció d'àcid sulfúric per el mètode de Roer-bruck, ideat al 1749, on a partir de mesclar diòxid de sofre, aigua i un flux d'aire amb alguns nitrats alcalins, en unes grans cambres de plom, on produïen l'àcid sulfúric.
- L'altre producte que va determinar el desenvolupament econòmic de l'època va ser el procés de Leblanc (1789), el qual obtenia com a productes carbonat sòdic i àcid clorhídric com a subproducte.



Però els grans avenços de la indústria química no van arribar fins el segle XIX, amb la implementació de les lleis químiques. Les quals van propiciar els descobriments de molts processos i productes, o la millora d'alguns dels processos d'obtenció d'alguns productes que ja es produïen a escala industrial. Alguns dels exemples són:

- El mètode Philips per l'obtenció d'àcid sulfúric a partir de l'oxidació de la pirita amb sofre, per obtenir diòxid de sofre que posteriorment és tractat per oxidació catalítica en tri òxid de sofre, i és finalment absorbit per el mateix àcid sulfúric fins a la concentració desitjada.
- Un dels processos que van revolucionar la indústria química en el seu gran moment d'expansió, i el qual va ser dut a terme per una de les indústries químiques de més importància a la nostra zona. El procés d'obtenció de carbonat sòdic usat per SOLVAY .

Així doncs, el desenvolupament de la indústria química a finals del segle XIX, a causa de la necessitat de creixement i la diversificació de productes va ser especialment elevat al vell continent. Fins al punt que a principis del segle XX la indústria química alemanya es considerava 50 anys més avançada que la d'una de les altres grans potències mundials els EE.UU.

La indústria americana va tenir el seu moment de glòria a l'inici del segle XX, incentivat per la necessitat de la producció d'amoníac per a la producció d'explosius per a la I guerra mundial, fet que va fer que els Estats Units, passessin al capdavant de la indústria química mundial.

Posteriorment, en els anys posteriors a la guerra, va ser desenvolupat des de la companyia ESSO (Standard Oil of New Jersey) el procés del craqueig tèrmic per poder donar abast a la gran demanda de carburants, degut a la fabricació de vehicles de la casa FORD.

La segona guerra mundial va generar denou un efecte semblant a la indústria química, la falta de recursos obtinguts de forma natural van obligar a les principals potències mundials a buscar processos d'obtenció de forma industrial, alguns exemples clars van ser la producció de cautxú artificial, gasolines d'alt octanatge per als avions de combat, processos d'obtenció de toluè (usats per a la producció de TNT). Per altra banda la guerra també va permetre a Alemanya el desenvolupament d'hidrocarburs combustibles a partir de la reconversió del carbó i el gas natural a partir del procés de *Fischer-Tropsch* , degut al tancament aliat que no permetia l'arribada de petroli a les refineries alemanyes.

Posteriorment a la segona guerra mundial, el següent gran desenvolupament va ser en el camp de la petroquímica, no només en el camp dels combustibles, si no que es va començar amb els grans avenços en la producció de materials plàstics i productes de la química fina (productes de principal ús en l'alimentació, higiene o farmàcia, d'especificacions molt concretes). On en destacaven en el mercat mundials les alemanyes BAYER, BASF, HOECHST i l'americana DuPont.

El desenvolupament del sector químic durant els inicis del segle XXI però, s'ha basat principalment en la modificació dels processos duts a terme fins al moment, tenint en compte les característiques que ens permetés algunes de les noves tecnologies de les que disposem i centrant-se, també en la millora dels processos per al que fa a l'empremta industrial que deixa aquesta indústria. Agafant com a principals objectius la reducció de l'impacte ambiental, la mínima quantitat de residus, reducció del consum energètic, millora del rendiment dels processos i tot, amb la màxima eficiència econòmica.

### 3.3.1- La indústria química a l'estat espanyol

La indústria química a l'estat espanyol, a causa de certes circumstàncies històriques no ha acabat de trobar el seu lloc dins del mercat mundial, tot i les matèries primeres de les quals es disposa en el territori (pirites, sal, silvinites) i usades en alguns dels principals processos de transformació d'aquesta indústria. Aquest fet principalment va ser per la tardança a la incorporació a la revolució industrial i d'inestabilitat política del país durant el segle XIX i sobretot el fet del poca oferta d'estudis de ciències en aquella època. (28)

Es considera la primera aparició de la indústria química a l'estat amb la incorporació de l'empresa *Sociedad Española de la Dinamita* l'any 1872 a Bilbao amb la intencionalitat de la fabricació d'explosius.

Un cop entrats al segle XX ja es comptava amb més d'una dotzena d'empreses en el sector, tot i així la indústria química espanyola es va veure afectada per la gran recessió del 1928 i posteriorment per els efectes de la guerra civil, període durant el qual tan sols va aparèixer com a gran empresa la primera refineria de l'estat *la Compañía Española de Petroleos SA (CEPSA)*. Tot i això no va ser fins l'any 1939, que no va aparèixer la *Union Química del Norte de España* amb la intenció de produir fenols i metanols a partir de processos d'extracció dels quitrans, obrint un mercat intern que fins al moment s'importava de les grans potències industrials.

El següent creixement de la indústria química però no es va veure fins l'any 1964 amb la implantació del govern de l'estat dels Plans de desenvolupament els quals van impulsar els ports de Huelva, Tarragona i Puertollano, impulsant així el creixement, principalment, de la indústria petroquímica. Aquest impuls però es va veure tallat per la crisi energètica mundial dels anys 70 i no es va veure millora fins l'any 1981, on es van posar en marxa un gran nombre de plans d'ampliació de plantes i millora de processos, i van començar a aparèixer petites plantes de tractament.

La globalització i la internacionalització dels productes produïts dins del mercat europeu, han estat els factors principals de l'expansió i millora dels processos en el sector. Anualment FEIQUE ( *Federación Empresarial de la Industria Química Española*) fa anualment una avaluació de l'estat del sector químic industrial, en dades econòmiques i ens aporta les millores del sector i la previsió per al següent període anual.

### **3.3.2- La indústria química a Catalunya**

La indústria química i el comerç dels seus productes tenen una arrelada tradició al territori català, que ve dels inicis de la revolució industrial i que va establir-se al segle XX, per tal de poder atendre la demanda d'altres sectors en expansió al territori, els quals van ser de vital importància econòmica, com van ser el sector tèxtil, metal·lúrgic o la construcció. També va tenir especial importància en les millores tecnològiques dels sectors agrícoles, sector alimentari i en les indústries dedicades als productes higiènics i de la salut.

Aquesta importància en el desenvolupament econòmic fan que la indústria química catalana sempre s'hagi mantingut a la avantguarda tecnològica per tal de competir amb la resta de la indústria, consolidant així un entramat de grans, mitjanes i petites empreses, obtenint una diversificació de la producció, la qual es complementen entre elles.

En l'actualitat l'activitat química a Catalunya representa el 48% de les empreses del sector químic de l'estat espanyol i per volum de vendes s'aproxima al 50% de la producció d'Espanya. Fent així que la facturació anual del sector químic català, superi a alguns dels estats de la Unió Europea, com Àustria, Dinamarca, Grècia, Dinamarca, Finlàndia, Portugal o Suècia entre d'altres.

Aquesta important implementació de la indústria química, en combinació amb les competències transferides per l'estat a la Generalitat de Catalunya en matèria de medi ambient i seguretat, entre d'altres, justifiquen la importància de l'existència de la Federació Empresarial Catalana el Sector Químic (FedeQuim) i especialment de la Associació Empresarial Química de Tarragona, aquesta darrera per el volum d'indústries que concentra en el seu territori al ser una de les zones amb major concentració de grans empreses productives del sector, situades als seus polígons industrials. Fent així Catalunya una de les principals comunitats autònomes de l'estat espanyol per al que fa a la producció industrial del sector químic.

### 3.4.- Estat del sector químic a l'estat espanyol.

Dins de la distribució de la producció econòmica de l'estat Espanyol de la indústria manufacturera, amb dades del 2014 de la producció en milions d'euros, segons l'institut nacional d'estadística, el sector de la indústria química i farmacèutica ha obtingut un creixement del 14,7% en comparació a les dades de l'any 2007.

Les més de 3000 empreses que conformen el entramat de la indústria química a l'estat espanyol produeixen el 12,6% de la producte internacional brut (PIB) anual de l'estat, tant sols superat per el sector de la producció alimentaria i igualant el sector metal·lúrgic i del material de transport.

Per al que fa a la oferta de feina en el mateix període l'augment del sector d'un 13,4% en representació al mateix període de temps, sent així la part del sector amb un creixement positiu més elevat des del 2007, i donant ocupació a 56.386 persones el que representa un 13,7% dels treballadors del sector.

### 3.4.1- Distribució de les empreses del sector químic

La distribució de les empreses del sector químic per tipologies segons nombre de treballadors segons dades del INE (*Instituto Nacional de Estadística*) ens mostra que el sector està compost bàsicament per un gran nombre d'empreses *PIME* (*petites i mitjanes empreses*).

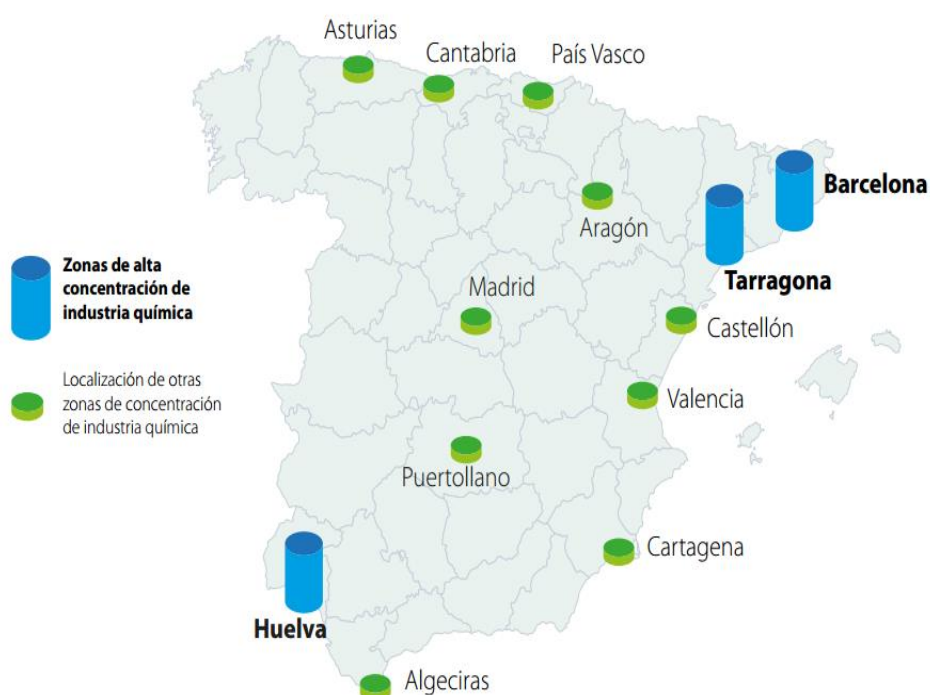
Intervals de Treballadors	Nombre d'empreses	% sobre el total
Menys de 10 treballadors	1634	53,9%
De 10 a 49 treballadors	902	29,7%
De 50 a 99 treballadors	235	7,7%
De 100 a 199 treballadors	120	4,0%
De 200 a 499 treballadors	102	3,4%
500 o més treballadors	41	1,3%
<b>Total</b>	<b>3034</b>	<b>100,0%</b>

Taula 3:Empreses del sector químic per nombre de treballadors. Font: Informe FEIQUE 2017

En comparació amb les dades de l'anterior informe podem determinar que hi ha hagut una disminució del total d'empreses presents en aquests intervals on el total segons l'informe FEIQUE 2016 arribava a la xifra de 3068, fent així que la disminució d'empreses del sector en un total de 34 empreses menys a finals del 1r trimestre de 2017.

### 3.4.2- Distribució territorial del sector químic

Les principals zones de producció de la indústria química es concentren a les províncies de Barcelona, Tarragona (Catalunya) principalment per la producció del camp de Tarragona a causa de la indústria petroquímica arribant a un total de 1420 empreses del sector químic a Catalunya, també podem trobar un elevat volum del sector concentrat a la zona de Huelva, Andalusia, la segona comunitat autònoma per al que fa a volum d'empreses del sector químic amb un total de 705 empreses.



Il·lustració 1: Distribució territorial de la concentració d'empreses del sector químic. Font: Informe FEIQUE 2017

Si elaborem un llistat de la concentració de l'activitat de l'indústria química per zones a l'estat espanyol la classificació seria la següent:

Posició	Comunitat autònoma	Quantitat d'empreses del sector químic i associats
1	Catalunya	1420
2	Comunitat Valenciana	802
3	Andalusia	705
4	Madrid	617
5	Murcia	259
6	País Basc	251
7	Castella La Manxa	225
8	Galícia	176
9	Aragó	166
10	Castella i Lleó	155
11	Canàries	126
12	Extremadura	77
13	Astúries	66
14	Balears	54
	Cantabria	54
15	Navarra	50
16	La Rioja	46
17	Ciutat autònoma de Ceuta	3

*Taula 4: Distribució d'empreses del sector químic a l'estat espanyol per comunitats autònomes. Font: Informe FEIQUE*

Tal i com podem veure a la Taula 4, el volum d'empreses dedicades al sector químic es veu concentrat principalment a les costes del mediterrani, entre les comunitats autònomes de Catalunya i País Valencià, tot seguit per Andalusia. Tal i com mostra la il·lustració 1 es concentren en el primer cas a les províncies de Barcelona i Tarragona i en el cas d'Andalusia a la província de Huelva segons les dades de l'informe FEIQUE 2017. La zona de país valencià tot i ser la segona la nostra classificació per províncies no compta amb zones d'alta concentració d'indústria química com és el cas de les dues anteriors.



### 3.4.3- Evolució de l'estat econòmic del sector químic

Des del 2009, en ple moment de la crisi econòmica mundial, el sector químic a l'estat espanyol ha vist com els seus ingressos anuals han anat augmentant progressivament, arribant a un percentatge acumulat del 18,7% en el període del 2007 al 2016.

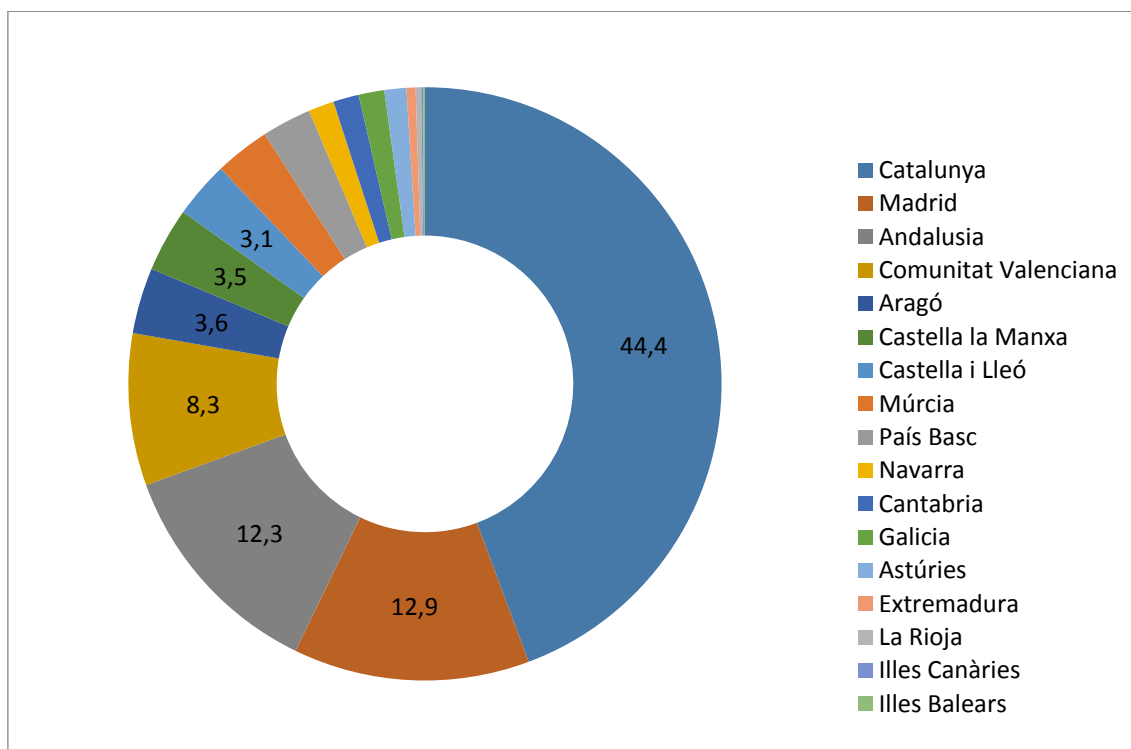
Obtenint l'any 2015, un augment del 3% respecta l'any anterior i arribant a la xifra total de 58.056 milions d'euros de facturació. I augmentant el darrer període un 1,7%, tancant així amb a un total de 59.020 milions d'euros la facturació del any 2016.

Si ens fixem en la divisió territorial espanyola, la comunitat autònoma més ben parada en aquest sector és Catalunya, la qual manté un 44,4% (26.210M€) de la producció total de sector a l'estat. Sent així la zona del territori de l'estat espanyol amb major producció en relació a la facturació de la indústria química, seguides per Andalusia i Madrid amb 12,3% i un 12,9% del total del estat respectivament.

Classificació	Territori	Facturació any 2016 (en milions d'€)	% de l'estat espanyol
1	Catalunya	26.210	44,4
2	Madrid	7.618	12,9
3	Andalusia	7.270	12,3
4	Comunitat Valenciana	4.870	8,3
5	Aragó	2.119	3,6
6	Castella la Manxa	2.054	3,5
7	Castella i Lleó	1.832	3,1
8	Múrcia	1.770	3,0
9	País Basc	1.599	2,7
10	Navarra	815	1,4
11	Cantabria	799	1,4
12	Galícia	798	1,4
13	Astúries	699	1,2
14	Extremadura	284	0,5
15	Illes Canàries	87	0,1
16	Illes Balears	43	0,1

Taula 5: Classificació de les Comunitats autònomes per facturació de la indústria química. Font: Informe FEIQUE 2017

A la taula anterior podem veure com es distribueix la facturació per territoris dins de l'estat espanyol. Com ja habiem comentat, Catalunya és el territori on la indústria química té major pes i on aquesta compta amb la majoria d'empreses del sector desmarcantse i gairebé quadruplicant les seves perseguidores més directes com la comunitat autònoma de Madrid o Andalusia.



*Il·lustració 2: Gràfic de la distribució per xifra de negoci de la indústria química per comunitats autònomes del territori espanyol. Font: Informe FEIQUE 2017*

Tal i com podem observar amb el gràfic la producció que és realitza en el territori català és amb diferencia la que aporta una major facturació al total de l'estat, principalment per la seva situació geogràfica i comunicació amb la resta del territori europeu per vies marítima, aèria i terrestre (carreteres). Tot i aquests beneficis geogràfics estratègics un projecte de millora de les comunicacions terrestres per al qual fa anys que és lluita des del govern català i les empreses del territori, l'anomenat corredor del mediterrani, que uniria la costa catalana amb la resta d'Europa per via ferroviària i seria un incentiu per a un creixement del negoci de les empreses del territori, per desgracia segueix estancat i amb poques previsions que es compleixi en un període de curt termini, endarrerint així possibles inversions a la indústria del territori.

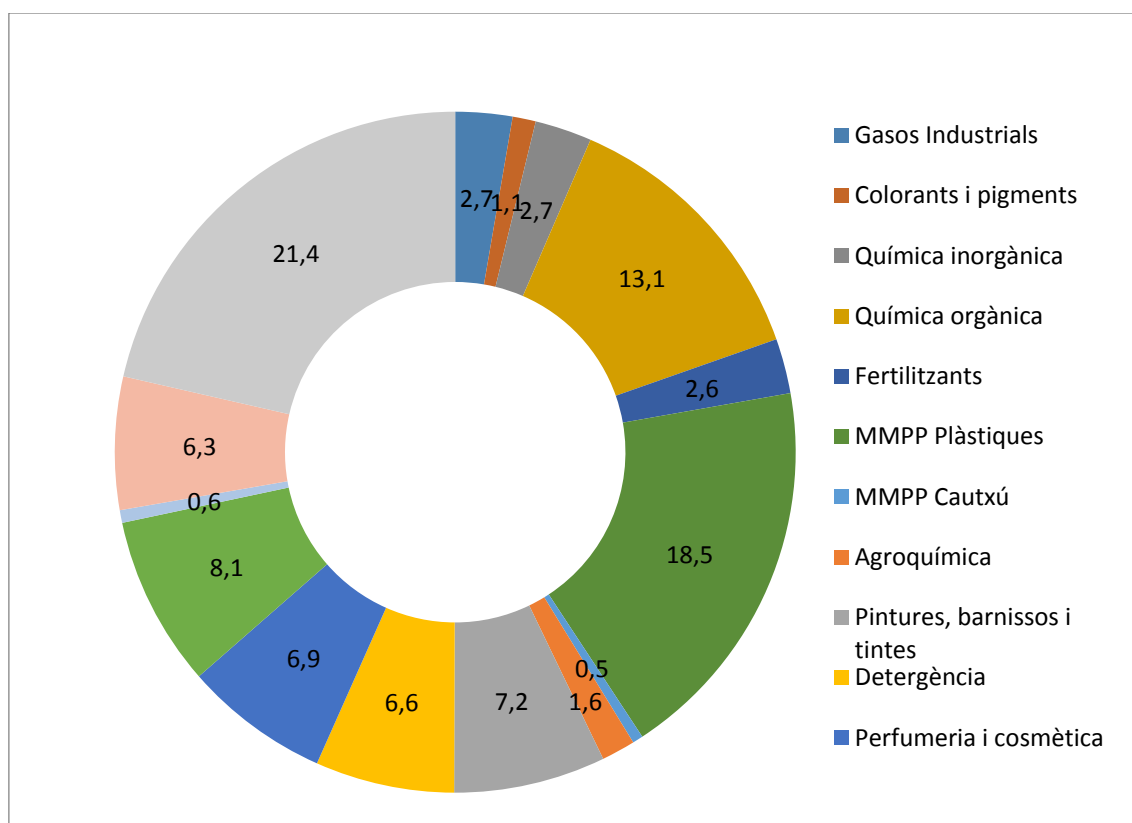
### 3.4.4- Distribució sectorial del sector químic

Així però la gran diversitat de productes amb els que treballa la indústria química també ens determina una gran varietat de subsectors dins de la indústria química, amb diferents volums de producció i feina. Aquest fet donat per l'especialització de les indústries a l'hora de fer els processos per generar els diferents productes ens aporta una riquesa tecnològica als territoris amb major presència de la indústria.

Així doncs comptem amb més de 14 subsectors dins de la classificació del sector químic:

Classificació CNAE	Subsector	Facturació (milions d'€)	Percentatge per sectors %
<b>20</b>	Indústria química	42.653	72,3
<b>201</b>	Química bàsica	24.355	41,3
2011	Gasos Industrials	1.595	2,7
2012	Colorants i pigments	667	1,1
2013	Química inorgànica	1.607	2,7
2014	Química orgànica	7.756	13,1
2015	Fertilitzants	1.525	2,6
2016	MMPP Plàstiques	10.908	18,5
2017	MMPP Cautxú	297	0,5
<b>202</b>	Agroquímica	963	1,6
<b>203</b>	Pintures, vernissos i tintes	4.224	7,2
<b>204</b>	Detergents, perfumeria i cosmètica	7.995	13,5
2041	Detergents	3.899	6,6
2042	Perfumeria i cosmètica	4.096	6,9
<b>205</b>	Altres productes químics	4.790	8,1
<b>206</b>	Fibres artificials	326	0,6
<b>21</b>	Farma química	16.367	27,7
<b>211</b>	Matèries primes farmacèutiques	3.737	6,3
<b>212</b>	Especialitats farmacèutiques	12.630	21,4

Taula 6: Facturació per subsectors de la indústria química. Fonts: informe FEIQUE 2017 i CNAE



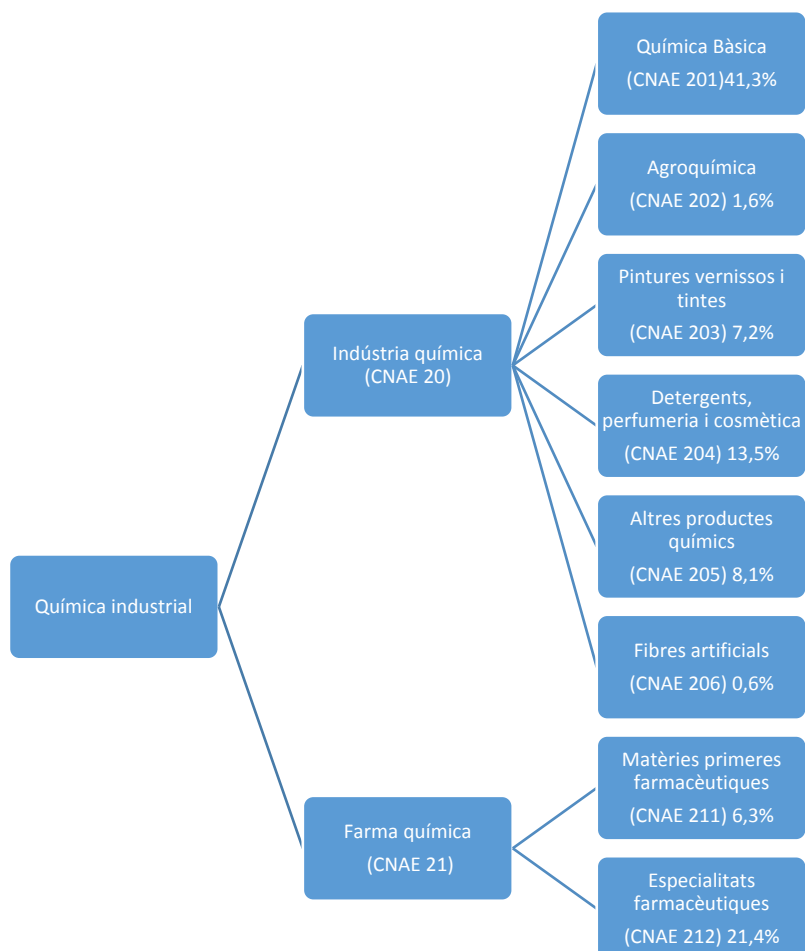
Il·lustració 3: Representació de la distribució percentual per subsectors de la indústria química espanyola.

Dins del sector químic, reconegut amb el codi de la CNAE 20+21 (Clasificación Nacional de Actividades Económicas) la indústria química ocupa un 72,3% de la distribució econòmica del sector, principalment repartit per la *química bàsica*(41,3%) on hi trobaríem tot el sector del plàstic i cautxú, la *indústria farma-química* (27,7%) i la *indústria dels detergents, perfumeria i cosmètica*(13,5%).

Si observem els subsectors de la indústria química, sense tenir en compte la indústria Farma química la qual es considera fora del sector de la indústria química per el seu gran ventall de processos i productes, podem observar que el subsector de la indústria química a l'estat és el que tracta amb les matèries primeres d'origen plàstic el qual engloba el 18,5% del total de la producció estatal, tot seguit per el subsector que treballa amb processos de la química orgànica amb un 13,1% del total de la facturació anual del sector. Ambdós subsectors estretament lligats a tota la indústria petroquímica la qual des de fa anys es veu molt beneficiada per el sistema de vida dels països desenvolupats.

#### 4.4.1 Distribució industrial per subsectors

Podem diferenciar fins a catorze subcategories en el sector, segons el tipus de producte i processos que es duen a terme a les diferents indústries. Si tenim en compte les dos grans separacions que emmarca la classificació de l CNAE podríem col·locar tota la varietat de indústries relacionades amb el sector químic i els seus productes de la següent forma:



Il·lustració 4: Classificació subsectorial de la indústria química. Font: CNAE

Així doncs a continuació podeu trobar una breu explicació de cadascun dels subsectors ordenats segons el codi de classificació del CNAE:

##### **Indústria química- CNAE 20**

El conjunt d'activitats que s'engloben en el grup de la indústria química engloba fins a un total de sis subsectors, els quals a la seva vegada encara tenen subdivisions, classificades segons els diferents processos, materials usats com a matèries primeres o productes que ofereixen a la resta d'indústria. Aquest subsector de la química industrial conté la gran majoria del volum productiu de l'estat ocupant el 72,3% del total de la facturació estatal, equivalent a 42.653 milions d'euros anuals. Els subsectors que conformen el grup CNAE 20 són els següents:

**a. Química bàsica – Subsector CNAE-201**

Les activitats classificades com a *química bàsica* engloben una gran quantitat d'empreses i activitats del sector químic industrial, sent aquest subsector el que aporta la gran majoria d'ingressos provinents al sector. També afegir que és el sector que compta amb més varietat de productes i processos dins de la classificació d'activitats econòmiques de l'estat, essent les set subcategories presents dins de la química bàsica les següents:

- Gasos Industrials – CNAE 2011

La indústria de la preparació i comercialització de gasos és purament d'ús industrial, les plantes de preparació de gasos, usen sistemes de separació per tal d'obtenir gasos en estat pur per al seu posterior ús com a matèries primeres per als altres subsectors de la indústria química de transformació. Una de les principals empreses en l'àmbit estatal de producció de gasos és *Air Liquide España S.A*, empresa que compta amb 12 plantes a tot l'estat, tres de les quals situades en territori català. La seva oferta de gasos industrials es basa amb el subministrament de acetilè, argó, CO<sub>2</sub>, Heli, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> i O<sub>2</sub>. Aquest subsector representa anualment el 2,7% del volum de negoci del sector químic industrial, en dades absolutes del 2016, la producció de gasos industrials van suposar 1.595 milions € generats, aquesta xifra comparativament amb la del any anterior (1.367 milions d'€) ha vist un increment del 16,68%, fet que mostra el bon estat del sector dels gasos industrials i de la tendència del sector químic, ja que aquest subsector serveix principalment de matèria primera a moltes de les altres indústries químiques, tant per a produir energia, com per a realitzar els seus processos de fabricació.



Il·lustració 5: Dipòsits de gasos industrials. Font:(149)

- Colorants i pigments – CNAE 2012

Aquests compostos orgànics tenen el seu principal sector de mercat en l'alimentació i la indústria tèxtil. Aquest tipus de compostos van veure la seva màxima època d'esplendor amb el gran "boom" de la indústria tèxtil, actualment es centra en la millora dels seus propis processos i en l'adequació d'aquests a les normatives mediambientals i de gestió de residus que els afecten com a productes químics. Consisteixen el 1,1% del volum de negoci, el que representen 667 milions d'euros l'any 2016 i en comparació amb dades de l'any anterior també han vist un augment del seu volum de negoci, seguint la tendència del sector químic



*Il·lustració 6: colorants i pigments químics. Font:(250)*

Molts dels productes creats a la indústria dels pigments es van obtenir com a substitució de pigments d'origen natural, els quals, per la dificultat del seu procés d'obtenció o extracció, mantenien un cost molt elevat. És el cas del tint porpra, descobert per els fenicis, el qual l'obtenien de l'extracció de líquid d'una glàndula de certs mol·luscs, concretament del gènere *Murex*, un tipus de cargol marí. La dificultat d'obtenció d'aquest van convertir les peces de roba d'aquesta tonalitat en molt preuades i des de l'època romana eren considerats per a la gran majoria de civilitzacions com a peces dedicades especialment per als estaments més alts de la població. Però va ser a la exposició universal de Londres de l'any 1862 quan el químic britànic William Perkin va presentar un dels primers tints sintètics obtinguts a partir de derivats del quitrà, el qual va ser una revolució per a aquest sector de la indústria, sent al seu comercialització un èxit i emmarcant el nom de Perkin a la història de la indústria química.

- Química inorgànica – CNAE 2013

Representa la resta d'indústries les quals no es troben especificades per volums de producció com a un subsector de la indústria química i que, els seus productes es basen en la química que anomenem inorgànica. Aquestes representen el 2,7% del total anual, què en xifres absolutes representa 1.607 milions d'€ de volum de negoci. És dels pocs sectors el qual en comparació amb les dades de facturació de l'any anterior ha vist una davallada, tot i que poc considerable, del volum de negoci generat al estat, sent la diferencia amb l'any anterior de només el 0,5%. Aquesta subsecció de la indústria química és l'encarregada de la producció de productes d'origen inorgànic, els productes que més destaquen d'aquest grup són l'àcid sulfúric, el volum d'ús del qual és usat com a mesurador del grau de desenvolupament industrial dels diferents països, a part dels seus molts usos per a la fabricació d'altres productes, ciment, vidre i la producció de metalls, els quals estan relacionats amb la transformació produïda per les extraccions mineres.



*Il·lustració 7: Productes de la indústria química inorgànica, a la imatge de l'esquerra es pot veure una garrafa comercial d'àcid sulfúric, a la imatge de la dreta provetes de diferents tipus de metalls. Font:(299)*



- Química orgànica – CNAE 2014

Representa aquella part del sector que produeixen materials d'origen orgànic, és a dir compostos de base carboni i que no es troben representades en cap dels subsectors de la indústria química, aquets representen l' 13,1% del total del volum de negoci anual. Si el comparem amb el període anterior podem observar que aquesta categoria de la indústria química ha vist un augment del 13,29% del volum de facturació passant dels 6.846 milions d'euros l'any 2015 als 7.756 milions d'€ l'any 2016.

Aquest subsector representa el conjunt d'empreses que produeixen productes dels que es coneixen com a orgànics, sent aquests principalment compostos de carboni, hidrogen, oxigen i nitrogen o de la transformació d'alguns d'aquests productes. On trobaríem tota la indústria de transformació alimentària, com de producció de líquids i begudes fermentades i destil·lats. Alguns exemples de productes que aporta aquest sector de la indústria química són l'etanol, les solucions d'àcid acètic, la glicerina, acetona i butanol entre molts d'altres, entre ells alguns dels productes de la petroquímica com la producció de carburants, els quals no entren en les classificacions de gasos industrials i altres derivats del petroli, els quals tampoc entren dins de la classificació de matèries primeres plàstiques.



*Il·lustració 8: Imatges de productes provinents de la indústria química orgànica, a l'esquerra un contenidor d'àcid acètic i a la dreta una ampolla d'etanol. Fonts (215) i (3)*

Alguns dels sistemes de recuperació de residus els quals obtenen productes de major valor com és el cas de la producció de bioetanols i biodièlsels també són englobats en la indústria química orgànica.

- Fertilitzants i productes nitrogenats – CNAE 2015

Aquest subsector de la indústria química comporta un dels principals recursos de la producció agrària del país, es tracta en gran part de compostos orgànics nitrogenats. En els darrers temps la principal característica d'aquesta indústria s'ha centralitzat en els estudis de nous compostos menys perjudicials per al medi en cas d'altres concentracions, per evitar els problemes de filtracions cap a aqüífers i subsòls. Representen el 2,6% del volum total (1.525 milions d'€ anuals). Veient en comparació amb el període anual anterior una disminució del 23,48% del seu volum de facturació.

Aquest sector el qual es centra en la producció de compostos rics en nitrogen, com són l'àcid nítric, l'amoníac, la urea tècnica i la gran varietat de nitrats que compta el mercat. Dins del territori català, l'empresa que es troba més amunt de la classificació per volum de facturació és *EUROCHEM AGRO IBERIA SL*, la qual es troba en el quart lloc de l'estat espanyol en facturació a la classificació CNAE 2015.



*Il·lustració 9: Productes fertilitzants líquids i sòlids, provinents de la indústria de productes nitrificats. Font:(51)*

- MMPP Plàstiques – 2016

En l'actualitat ens és difícil trobar un producte de consum el qual no tingui components pertinents a aquests sòlids. Aquest subsector de la indústria química compta amb el 18,5% del volum de negoci anual del sector, equivalent a 10.908 milions d'eros anuals l'any 2016. Essent així el segon subsector de la indústria química per al que fa al volum de producció només superat per la indústria d'especialitat farmacèutiques per al que fa a facturació.

L'obtenció d'aquests material prové de la extracció fraccionada del petroli i en alguns casos amb la combinació de les diferents fraccions d'aquest amb altres compostos, com poden ser la sal comuna (NaCl) o el carbó. El principal procés de producció de plàstics és l'anomenada *polimerització*, la qual consisteix en la combinació de 2 o més molècules (anomenades monòmers) són combinats per a formar cadenes més llargues o de major complexitat, donant lloc als *polímers* que conformen els materials plàstics.

La classificació d'aquests materials ve donada per les seves característiques de resistència, tant tèrmiques com físiques, i s'agrupen en tres grans grups *termoplàstics*, *termostables* i *elastòmers*.

La gran variabilitat de productes fa d'aquest, un dels subsectors més importants per a la indústria, ja que produeix materials de consum per a la majoria dels sectors, productius dins i fora del sector industrial, els principals casos fora del sector industrial són:

Agricultura: S'estima que aquest sector consumeix aproximadament entre el 2 i el 4% dels plàstics produïts a nivell europeu, el que equivaldria entre les 700.000 i 1.500.000 tones a l'any de polímers, principalment termoplàstics, polietilè (PE), PVC i el policarbonat. Usats principalment en la construcció d'estructures de protecció i control de temperatura dels camps de producció agrícola i en els conductes dels sistemes de regadiu.



*Il·lustració 10: Productes plàstics per a agricultura, els recobriments d'hivernacles. Font:(210)*

Packaging: És un altre dels principals consumidors d'aquests materials, en l'actualitat costa de trobar un producte d'ús diari el qual no estigui contingut en un envàs de plàstic. Aquesta part del sector dels productes plàstics principalment consumeix una gran quantitat de *poliestirè*, *polipropilè*, *PVC*, *polièsters* i *copolímers de polietilè*. Actualment les legislacions de residus dels diferents països juguen un paper molt important en el consum d'aquests materials, cosa que en els darrers anys ha fet replantejar al sector els diferents sistemes d'embalatge, buscant una alternativa a alguns d'aquests productes, i fent que el sector s'especialitzés en el *packaging* de productes frescos i farmacèutics, els quals, degut a les seves característiques i funcions, han de menester un seguit de condicions sanitàries, les quals, són perfectament adaptades per els materials usats en aquest sector. Buscant això si com a innovació, nous productes de consum amb un format i composició els quals els faci, més fàcilment reciclables. Aquestes noves especificacions dels plàstics han trobat un gran aliat amb la nano tecnologia, la qual està desenvolupant formes d'incorporar nanopartícules a l'estructura del polímer per tal de reduir el seu volum i cost mediambiental.



*Il·lustració 11: Diferents tipus d'envasos per a components líquids també provinents de la indústria dels plàstics. Font: (159).*

Construcció i edificació: És un altre dels consumidors principals de materials i polímers plàstics, demandant aproximadament el 23% del volum d'aquests materials. Principalment l'ús estructural de productes de PVC, tant per al desenvolupament d'estructures com per a la canalització d'aigües dels edificis.

L'altre ús de material polimèrics en la construcció el trobaríem en la matèria d'aïllaments degut a les característiques de transparència, resistència a l'abradió i impermeabilització entre d'altres.



*Il·lustració 12: Planta de producció de tubs de PVC i simbologia. Font: (226)*

Automoció: Principalment per a assolir la demanda d'estructures i peces de plàstic i fibres dels automòbils, principalment materials termoplàstics a gran escala. Es pot dir que la indústria de l'automoció ha anat evolucionant a l'hora amb els materials plàstics buscant cada cop materials de major resistència i més lleugeresa. Principalment la indústria de l'automòbil consumeix grans quantitats de *Polipropilè*, *poliuretà* i *PVC*, els quals són els principals components de les estructures de les cabines d'automòbils, sistemes d'il·luminació i tubs de transmissió de fluids.



*Il·lustració 13: Peces de plàstic i gomes per a la indústria de l'automòbil. Font: (188)*

- MMPP Cautxú - 2017

Aquest és el subsector de la química bàsica amb menys aportació per al que fa a la facturació anual del sector, només amb el 0,5% del total (297 milions d'euros). Aquest subsector treballa amb dos tipus de materials per a la obtenció dels seus productes centrant així la seva producció en la transformació del cautxú natural i sintètic. Aquest darrer s'obté a partir de diferents classes de polímers, i és usat per a la fabricació de pneumàtics, calçat, corretges, components de joguines, interior de tubs, entre molts altres usos. Algunes de les tipologies de cautxú sintètic venen de materials com l'estirè / butadiè (SBR), el polibutandiè (BR), silicones i policloroprè, entre molts altres components.



*Il·lustració 14: Productes de la indústria de MMPP cautxú. Font: (224)*



**Agroquímica – Subsector CNAE 202**

És el sector que estudia el processament de materials crus per a l'alimentació, begudes i en la producció, remeiació i monitoratge del medi natural afectat per l'activitat agrícola i ramadera. També s'encarrega de les causes i els efectes de les reaccions bioquímiques relacionades amb les produccions ramaderes i agrícoles, estudiant les els efectes d'aquestes activitats produïdes amb les reaccions químiques produïdes al sòl, necessàries per al creixement dels cultius i l'anàlisi dels efectes d'aquestes explotacions. Principalment els seus estudis es caracteritzen per la cerca de la millora del rendiment d'aquests sectors, reduint-ne els costos de producció a l'hora que es controlen els processos per a millorar la seva qualitat. Es considera un punt d'intersecció entre la genètica, la fisiologia la microbiologia i entomologia, entre moltes altres ciències estretament lligades amb la biologia i la bioquímica. Alguns dels principals productes que desenvolupa aquesta indústria són els insecticides i fungicides, a més de suplementes per al creixement vegetal els quals no entren en la classificació de fertilitzants. Representa un 1,6% anual del volum de negoci de la indústria química, tenint enguany un creixement del 7,24% en comparació amb l'any anterior, arribant així als 963 milions d'euros l'any 2016.



*Il·lustració 15: Productes i additius agroquímics.(5)*

**b. Pintures i tintes- Subsector CNAE 203**

És un dels grans subsectors de la indústria química, representa el 7,2% del volum de negoci generat (4.224 milions d'euros l'any 2016). Aquest sector s'especialitza en la transformació de productes provinents de la petroquímica per al consum d'altres indústries, siguin o no del sector químic. A nivell industrial general moltes de les companyies comptem amb processos de pintura dels seus productes, això fa que l'especificitat dels productes generats per la indústria química especialitzada en pintures, tintes i vernissos s'adeqüi de forma molt específica, a les necessitats dels consumidors, creant així una alta variabilitat dels productes que fabriquen.



*Il·lustració 16: Pintures i tintes químiques. Font:(55)*



**c. Detergents, perfumeria i cosmètica – Subsector CNAE 204**

Aquest sector conté dos diferenciacions per al que fa a la seva producció, separant en la classificació els productes destinats a la neteja (CNAE – 2041) i els productes del que es considera la indústria cosmètica (CNAE – 2042).

Representa un dels altres grans subsectors de la indústria química actual per al que fa a volum de negoci. Les seves matèries primeres provenen principalment de les transformacions de les fraccions del petroli obtingudes per la petroquímica. Segons els informes econòmics de l'any 2016, el sector de detergents, perfumeria i cosmètica, va crear un volum de negoci de 7.995 milions d'euros (13,5% del total).

És una indústria molt específica i cadascun dels seus productes té unes característiques determinades per a l'ús que se l'hi dona, és per això que les indústries dedicades a aquest sector solen treballar amb reactors discontinus, a partir del volum de demanda dels seus productes, això els permet que amb les instal·lacions d'una única planta química s'hi puguin dur a terme un gran ventall de productes de consum. La gran majoria de matèries primeres usades per les empreses d'aquest subsector són provinents del món vegetal i animal, com són el cas de greixos, glicerines i olis entre d'altres.



*Il·lustració 17: Productes de neteja i cosmètica. Font: (170)*

**d. Altres productes químics- Subsector CNAE 205**

Les empreses contingudes en aquesta classificació són totes aquelles que tot i compartir certes característiques, ja siguin de composició dels seus productes o de processos d'obtenció d'aquests, no es troben descrites per les activitats designades als altres subsectors de la indústria química. Sent així un exemple tot el teixit industrial relacionat amb material pirotècnic i explosius, la fabricació d'olis essencials (tot i que el seu principal ús és per a la indústria de la perfumeria, cosmètica i alimentació), la fabricació de coles i la depuració de residus per a la seva reutilització i separació de components.

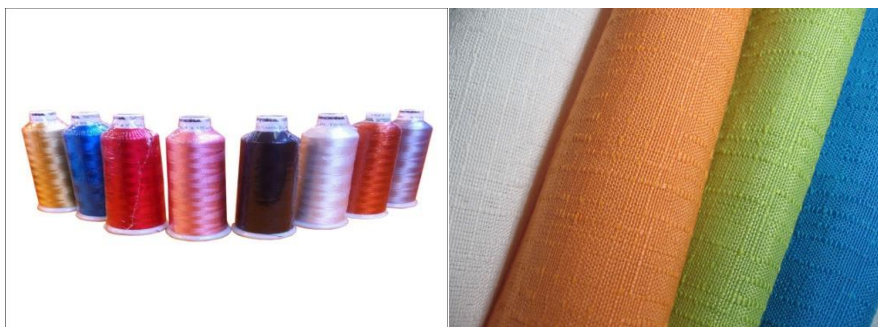
Aquest subsector ha generat un total de 4.790 milions d'euros l'any 2016, el qual equival al 8,1% total de la indústria química de l'estat espanyol.



*Il·lustració 18: Dins d'aquest subsector s'hi troben productes explosius, olis essencials i coles. Font: (260), (200) i (216)*

**e. Fibres sintètiques – Subsector CNAE 206**

La indústria de les fibres sintètiques va desenvolupar una gran revolució en el sector tèxtil industrial, ja que en el seu moment d'aparició aquestes permetien abaratir els costos de producció d'alguns teixits, els quals l'obtenció de les seves matèries primeres de forma natural creaven un gran cost i dependència de les seves formes productives, com és el cas de la seda, la qual va veure un gran competidor en les fibres artificials amb l'aparició del raïó més conegut per el seu nom comercial *MODAL*. Aquest sector va representar el 0,6% (326 milions d'euros) l'any 2016.

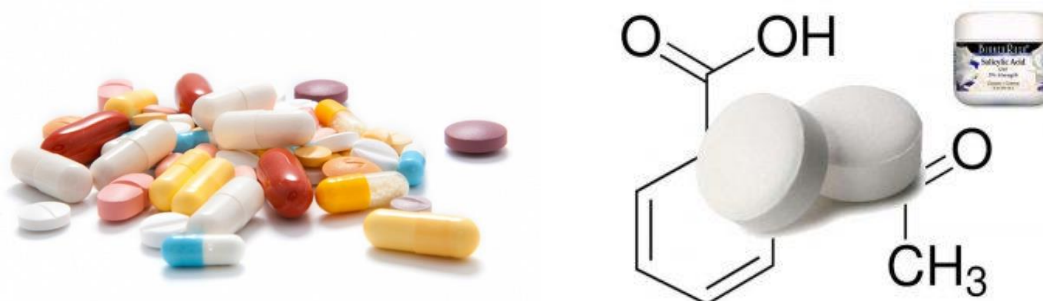


*Il·lustració 19: Fils i teixits de MODAL i Polièster. Font:(258)*

### Farma química – CNAE 21

El volum de negoci generat per el sector farmacèutic, és el més elevat dins del sector químic industrial. Compren el 27,7% del volum de negoci dins de l'estat, el qual equival a 16.367 milions d'euros l'any 2016 (últim any amb dades actualitzades).

Aquest subsector és conegut també amb el nom de *química fina*, el seu sistema de producció tot i que en volum de vendes sigui molt elevat, el tipus de producció més corrent en aquesta indústria és la producció en discontinu dels seus productes. Això és degut a que aquests tipus d'indústries compten amb una gran varietat de productes, els quals, compten amb unes petites quantitats del que anomenem *principis actius*, que són realment, els productes farmacèutics d'interès. Una altra de les característiques d'aquests sector és la necessitat de que els productes produïts siguin d'alta puresa, és per això que en molts dels sistemes de producció, no sols trobarem els reactors, els quals són la part principal de qualsevol indústria química, si no que és caracteritzen per tenir sistemes de cristal·lització i separació per tal que els components d'interès obtinguts en les reaccions siguin de màxima puresa. Les empreses dins d'aquest subsector estan classificades segons si produeixen matèries primeres per a la indústria química (CNAE 211) o si produeixen productes coneguts com a especialitats farmacèutiques (CNAE 212). Aquestes dues subdivisions tenen una gran diferència per al que fa al seu volum de negoci, així doncs el sector productiu de matèries primeres per a la indústria farmacèutica el darrer any va generar el 6,3 % del total de l'estat (3.737 milions d'euros), mentre que la producció d'especialitats farmacèutiques va produir durant el període 2016, 12.630 milions d'euros, el que equival al 21,4% del total de la química industrial al estat espanyol, sent així el subsector amb major facturació al estat. Sent així la indústria farmacèutica un dels principals motors econòmics de la indústria química del estat espanyol, com a la majoria de països desenvolupats.



Il·lustració 20: Productes de la indústria farmacèutica, a la dreta diferents comprimits de fàrmacs, a la dreta comprimits d'acid acetil salicílic. Font: (75) i (7).

### 3.4.5- Volum de treball del sector químic

#### 3.4.5.a.- Comerç exterior

Durant el període emmarcat entre els anys 2009 i 2015 les exportacions del sector químic espanyol van seguir una tendència a l'alça, passant dels 21.252 milions d'euros generats l'any 2009, fins als 33.153 milions d'euros obtinguts l'any 2015. Per contra el sector el darrer any ha vist una disminució del 2,1% de les seves exportacions, caient fins als 32.473 milions d'euros generats per les exportacions del sector.

Els principals destins de les exportacions es manté dins dels països de la unió europea sent el volum de negoci produït durant el curs 2016 de 19.159 milions d'euros, és a dir, més de la meitat del negoci generat amb les exportacions del estat són dins de la UE. Seguits per el mercat americà i asiàtic amb xifres properes als 4.189 milions d'euros anuals.

Dins de la unió europea el principals països on es destina l'exportació de la indústria química espanyola són França, Alemanya i Itàlia, els quals s'enduen respectivament el 11,1% , 9,9% i 9,4% del total d'exportacions anuals.

Per al que fa a les importacions del sector, aquestes també han vist una dinàmica semblant de creixement continuat des del 2012 fins al 2015, trobant una davallada d'aquestes el darrer any 2016, arribant a la xifra de 37.421 milions d'euros. Marcant així en aquest darrer període, un decreixement del 2,8% respecte l'any anterior.

De la mateixa forma que les exportacions la facilitat del moviment de mercaderies que ofereix la UE als seus països membres fa que el 65,3% del total de les importacions provinguin d'aquest comerç intern de la mateixa UE (24.435,9 milions d'euros). Sent els principals països d'importació de matèries per a la indústria química Alemanya, Estats Units i França. Obtenint d'aquests tres països un 40% del total de les importacions anuals.

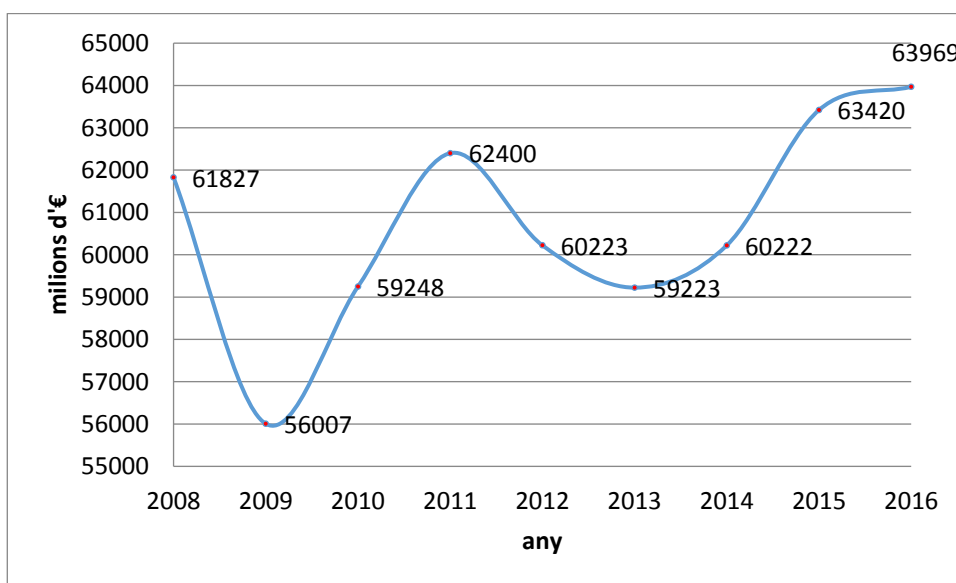
Aquestes davallades han propiciat, però, que l'índex de cobertura, és a dir el quocient entre exportacions i importacions d'un territori hagi trencat la dinàmica de l'any anterior, on el volum d'importacions i exportacions va veure durant aquell any (2015) una davallada del 4,9% fent que aquest caigués fins al 86,5%. Per contra el període 2015-2016 l'índex de cobertura de la indústria química espanyola va veure un increment del 0,8%, augmentant el valor d'aquest índex fins als 86,8 punts.

L'evolució de la taxa de cobertura ha augmentant des del 2000 des del 65,8% fins arribar al seu màxim l'any 2014 on va arribar al 89,3%, punt d'inflexió on com comentàvem anteriorment va

veure una important davallada, degut que l'augment del volum de negoci del sector no va ser suficient com per abastir les necessitats creixents d'aquest, fent que les importacions augmentessin per tal de mantenir el volum de la producció a l'alça i abastir la demanda de productes del sector. Tendència que en el darrer any s'ha capgirat.

#### 3.4.5.b.- Comerç interior

Si analitzem l'estat de la comercialització de productes químics dins de l'estat espanyol, veiem que des de l'any 2013, moment de màxima davallada del consum degut a la crisi econòmica, la tendència del sector ha anat a l'alça, augmentant considerablement fins l'any 2015, seguint una tendència de creixement del 5,3% del consum aparent del sector dins del propi estat. Si busquem a les dades d'aquest any 2016 veiem que el sector ha seguit una tendència positiva, tot i així la progressió que seguia els darrers dos anys s'ha vist estancada fent que l'any 2016 hagi tancat amb un consum aparent del 63.969 milions d'euros, el que representa un creixement del 0,9% en comparació de l'any anterior.



Il·lustració 21: Evolució del consum intern de productes químics al estat espanyol en milions d'euros en el període 2008-2016 Font: Informe FEIQUE 2017

#### 3.4.6.- Consum

El consum de la població en productes del sector químic també ha seguit una tendència semblant, així doncs amb les dades d'enguany, s'han superat els màxims històrics de consum en productes químics per habitant i any, seguint la tendència de creixement del sector, augmentant un 1,9% l'any 2016 i mantenint un augment continuat des del 2013 d'on es va passar dels 1.286€ per habitant i any fins als 1.386€ per habitant i any arribats de mitjana aquest darrer període. Si observem més obertament per al que fa a la línia temporal i observem el període emmarcat entre el 2008 (darrera dada anterior a la crisi) i observant la progressió en aquest període entre els anys 2008 i 2016 podem observar un creixement acumulat del 7,4%, recuperant la caiguda del consum provocada per la crisi l'any 2009, on queia el consum per habitant fins als 1.198 € i fins i tot superant les dades de consum prèvies al període de crisi i recessió patit al estat.

### 3.4.7- Estat d'ocupació del sector

Respecte l'avaluació dels efectes de la crisi econòmica i la recuperació del sector podem determinar un creixement progressiu de la taxa de contractació de les empreses del sector químic des de l'any 2012 aquest creixement progressiu va seguir així fins l'any 2015 on l'augment de la contractació del sector va ser del 9,6% arribant a la xifra de 191.400 assalariats a les empreses del sector químic, per contra el 2016 ha vist un decreixement del 6,0% pel al que fa al nombre d'assalariats del sector davallant fins als 179.500 assalariats. Tot i aquesta davallada patida l'any passat les dades de contractació del primer trimestre de 2017 ens mostren una recuperació de la contractació del sector, que en comparativa amb l'any 2016 ja ha obtingut un creixement positiu del 1,9%. Arribant, amb les darreres dades de les quals es disposen fins als 183.000 assalariats al sector químic.

L'estabilitat laboral, però, és un dels principals punts forts del sector, ja que un 94% dels treballadors de la indústria química compta amb contracte indefinit, superant la mitjana de la resta del sector industrial que es manté sobre el 79%. Això sumat a les retribucions salarials dels professionals del sector industrial químic, les quals també es troben en avantatge sobre la mitja salarial anual de la resta d'indústries, sent la mitja del sector químic de 38.087€/any, que en comparació, amb la mitja de la resta del sector industrial està sobre els 27.036€/any, fan que el sector de la indústria química sigui amb diferència dels que es troben amb una millor salut per al que fa a les condicions dels seus treballadors. Aquesta mitjana de sous dels treballadors de la indústria química, també s'ha caracteritzat per seguir la tendència a l'alça del sector, que des del 2008 ha anat en augment continu, exceptuant el període 2011-2012 on va fer una lleugera davallada, de la qual es va recuperar en el següent exercici on va recuperar la tendència a l'alça, fent que en el darrer exercici els treballadors de la indústria química veiessin, de mitja, un augment salarial del 1,4% en comparació a l'any anterior. Si avaluem els sous en el període 2008-2015, podem observar que aquests han acumulat un creixement del 9,3% passant dels 34.856€ anuals fins als 38.087€ anuals.

Gran part de la bona relació entre assalariats i empreses també es deu a la inversió en formació que el sector fa per als seus treballadors, així doncs, la indústria química és capdavantera per al que fa a inversió de recursos, per la formació dels seus treballadors anualment, arribant a la mitjana de 223€ per treballador invertits en formació. Inversió que gairebé duplica la mitjana del sector industrial, doncs des del sector químic és veu molt necessari que els seus treballadors rebin una formació continuada per tal de poder encarar el progrés i creixement del sector en front dels nous mètodes i tecnologies. Doncs els



treballadors del sector són la pedra angular que sosté l'evolució de la indústria química. Si ens fixem en la xifra de negoci generat per treballador veiem que l'any 2016, hem obtingut un augment del 8,4% de la productivitat mitja per treballador, arribant als 329.000€ produïts per treballador del sector.

### 3.4.8- Inversió, investigació, desenvolupament i innovació

La inversió en el sector químic va rebre una davallada en el període del 2008-2012, on va tornar a arribar a un mínim (24% ), en els darrers dos anys la inversió en el sector químic ha anat veient un augment, i en el darrer període ha arribat al 24,9% al darrer any. Tot i així les previsions que s'observen i que des de varies de les organitzacions de control econòmiques com OECD (*Organisation for Economic and Development*) són poc esperançadores. Remarquem que la inversió des de l'estat espanyol a tot el teixit de R+D+i (Recerca, Desenvolupament i Innovació) a tot el territori estatal només han fet que disminuir des de l'any 2008, fent que tot el teixit industrial en relació amb aquests sectors es vegin també afectades. Un clar termòmetre del estat de la inversió en recerca i desenvolupament és l'evolució de les publicacions en l'àmbit estatal i europeu, on podem veure que a nivell europeu han vist un creixement acceptable, contràriament a l'estat espanyol. El qual ha retallat en aquest període de temps (2008-2016) la inversió en R+D+i en un 8% arribant a xifres semblants a les anteriors al 2008, mentre que la mitjana europea d'inversió en aquesta àrea ha vist un augment acumulat del 25%. Per al que fa a la inversió a nivell català no es desmarca tant de la mitjana europea, competint a més de la meitat de la taula dels països europeus. Un exemple de la bona salut del sistema d'investigació català són els seus centres de recerca i investigació tecnològica, on en destaquen el CNAG (Centre Nacional d'Anàlisi Genòmica), el súper-ordinador MARE NOSTRUM o el sincrotró ALBA entre d'altres. El sistema científic i tecnològic català compta amb grans avantatges com són el pacte polític al qual es va arribar l'any 2007, on es va optar per impulsar les àrees tecnològiques, el qual ha estat respectat per les diferents forces polítiques que en els darrers anys han passat pel govern de la generalitat, la gran potencia de recursos humans que es produeixen dels centres d'educació superior i sobretot per la gran capacitat de recaptació de recursos des de l'àmbit europeu, i la conscienciació de la necessitat d'inversió en investigació, principalment per part de les PIMES. Per contra una de les principals febleses del sector català són les inversions de les grans empreses del sector privat, i moltes de les organitzacions i fundacions que es dediquen a analitzar les dades del sector industrial determinen que un dels principals riscos que cal afrontar més immediatament és la poca transparència de coneixement i tecnologia que es troba actualment el teixit econòmic català, apostant per una transferència de coneixement més oberta per millorar el sector.

El sector químic, és un dels sectors on la inversió en R+D+i veu bona part del personal destinat a la investigació. Aquest sector representa el 23% del total de la investigació del sector industrial, l'augment de personal d'investigació en el sector químic durant l'any 2016 ha vist un

increment del 8,7% respecte l'any 2015, i augmentant exponencialment la tendència seguida des del 2008, fent que el creixement acumulat en aquest període de 8 anys arribi fins al 13,0%. Dins del sector químic, si observem les dades de les empreses que dediquen part de les seves activitats a la investigació i recerca, més de la meitat d'aquestes empreses, un 56,9%, es dediquen a d'investigació i innovació dels productes del sector. Si comparem els resultats d'innovació del sector no es desmarquen gaire de la mitja Industrial, sent la del sector químic d'un 23,2% i la del sector industrial del 21,7% per al que fa a la xifra de negocis amb productes nous amb millores. Cal doncs conscienciar a governs i entitats privades de la necessitat d'invertir en recerca, desenvolupament i investigació tecnològiques per tal de que com a conjunt, l'estat prosperi.

### *3.4.9- Perspectives de creixement del sector (previsió fins el 2030)*

La previsió del creixement anual del sector químic industrial, segons la variació mitja anual que ha seguit els darrers anys, es creu que serà del 4,5%. Aquest és un dels creixements sectorials més elevats dels sectors industrials espanyols, juntament amb el sector de transformació del plàstic i el cautxú, el tèxtil i el sector del metall, sent així un dels sectors amb més solvència i projecció per al que fa a la previsió per part de la federació d'empreses de la indústria química espanyola per als propers 12 anys. Tot i així aquest creixement com ja hem comentat depèn directament de la inversió que governs i empreses, tant públiques com privades realitzin en recerca, desenvolupament i investigació.

Cal remarcar que en els darrers anys el creixement del sector també s'ha vist beneficiat per certes àrees d'excel·lència, on els investigadors del territori estan destacant, com són les investigacions biotecnològiques, les relacionades amb les diferents branques de la física, la química i l'economia, remarcant a molts dels investigadors que estan sorgint del territori català i els quals actualment estan aplicant estudis. En el cas de la biotecnologia un dels exemples són els estudis que s'han dut a terme per part d'un dels grups d'investigació de l'EPSEM el qual ha estat realitzant un estudi de sistemes de recuperació de metalls d'interès, a partir de processos biològics amb microorganismes usant com a matèria primera residus tecnològics.

## 4.- Taller de pràctiques per a estudiants de batxillerat

Aquest apartat es presentaran el conjunt de tretze practiques dissenyades, adaptades o creades per a que estudiants de batxillerat puguin veure les tasques de l'enginyer químic a les diferents branques de la indústria. És per això que s'han separat les pràctiques per camps mostrant així la seva importància. I s'han organitzat a continuació segons el camp d'actuació on podem trobar cadascun dels processos que treballen aquestes pràctiques. Aquestes són les següents, en l'ordre que es troben:

6.1- Processos fonamentals de l'enginyeria química: són operacions bàsiques per a un enginyer i s'ha cregut necessari que fossin les primeres pràctiques a apareixen en aquest conjunt, ja que molts dels processos que es veuran a continuació són desenvolupats a partir dels coneixements que s'aporten en aquestes pràctiques. S'ha volgut fer especial referencia als processos de transport d'energia de forma que es trobaran amb tres pràctiques de transmissió d'energia mecànica i en forma de calor, dos de les quals són una adaptació de les pràctiques del grau d'enginyeria química donat a l'EPSEM.

6.2- Processos de la indústria cosmètica: en aquest apartat es veuran alguns dels principals processos de la indústria cosmètica, una de les que crea una major varietat de productes de consum diari.

6.3- Processos de la indústria farmacèutica: La gran importància per al que fa tant als productes com al volum de negoci generat per la producció i comercialització de productes farmacèutics feia necessari dedicar un apartat d'aquest projecte a veure alguns dels processos productius presents en aquest sector, per això s'ha cregut convenient mostrar als alumnes tot el procés d'obtenció d'un comprimit, des de l'obtenció del seu principi actiu fins a la creació d'aquest comprimit.

6.4- Processos de la indústria alimentària: veient la gran rellevància que la societat està donant al coneixement de que és el que consumim a diari i com s'obté, juntament amb la variabilitat de productes fan d'aquesta industria i els seus processos d'especial interès per mostrar la importància de l'enginyer químic en molts dels productes que diàriament s'usen a les llars d'arreu del país. Per això s'ha agafat un procés de separació i quantificació de greixos de la llet, una valoració d'un procés biològic com és la fermentació i la determinació de greixos d'un aliment sòlid a partir d'una extracció en continu.

6.5- Processos de control mediambiental: l'activitat industrial ha tingut des dels seus inicis una repercussió directe amb el medi ambient, actualment una de les tasques de les indústries és minimitzar aquesta petjada, i és per això que la majoria de les empreses compten ja amb els seus propis departaments de control mediambiental, on la presència de l'enginyer químic és vital per tal d'avaluar i dissenyar els processos necessaris per al tractament d'efluents i residus causats per les diferents línies de producció i obtenció dels seus productes. En aquest apartat es dona especial importància en la separació de residus d'efluents líquids i diferents tipus de residus dissolts en ells.

6.6- Processos de la indústria petroquímica: per la gran importància que té tant a nivell mundial com a nivell local de Catalunya, i més concretament a la zona del camp de Tarragona, he cregut necessari i imprescindible que en aquest conjunt de pràctiques hi aparegui algun dels processos d'aquesta indústria. Tenint en compte les principals preocupacions socials que representa l'obtenció de combustibles i l'interès que desperta la revalorització de residus vaig trobar convenient que els estudiants realitzessin un procés d'obtenció de biodièsel i la seva posterior valoració.

6.7- Processos de la indústria metal·lúrgica: són molts dels productes d'aquesta indústria els quals ens envolten i en fem ús a diari. Revisant els coneixements donats a batxillerat, he cregut oportú mostrar als alumnes un dels processos químics que es du a terme en aquesta, relacionant-ho amb l'estudi de les cel·les electrolítiques, les quals són explicades en els apartats de reaccions REDOX del curriculum de batxillerat, trobem en aquest apartat els sistemes de recobriment i protecció de peces metal·liques.

Cadascun dels apartats que trobem a continuació corresponen a les diferents pràctiques que s'han dissenyat i adaptat per als alumnes de batxillerat. Afegir que cadascuna de les pràctiques, s'ha dut al laboratori i un grup d'estudiants ha realitzat durant el mes de juliol de 2017.

Les trobarem estructurades de la següent forma:

- Informació per al docent: hi mostrem el grau de dificultat de realització de les diferents experiències i mostra algunes de les possibles incidències amb les que s'ha trobat durant la realització de les pràctiques i el temps necessari per a la realització de cada pràctica.
- Fonament teòric, on s'explica el context de cadascuna de les pràctiques dins de la indústria on pertany i en què consisteix cadascun dels processos realitzats, conjuntament amb els càlculs i informacions bàsiques per comprendre els diferents processos a realitzar.

- Informe de la pràctica: en aquest darrer subapartat es mostren els resultats obtinguts en les tretze pràctiques realitzades, per tal de tenir una referencia de resultats i poder avaluar als alumnes.

Cal remarcar que els guions de pràctiques en blanc per entregar al alumnat, es troben disponibles al annex 3- Guions de pràctiques, al final d'aquest document.

#### 4.1- Processos fonamentals de l'enginyeria química

Una de les principals tasques de l'enginyer químic és estudiar els diferents processos que es duen a terme a la indústria per tal d'aconseguir que aquests siguin el més ràpids, eficients i productius possible. Per això l'enginyer ha de conèixer les diferents propietats dels elements amb els quals treballa. Un dels principals obstacles amb el que es troben dia rere dia els enginyers químics és el del transport de fluïts, ja sigui dins de la planta química, entre empreses les quals mantenen una relació de compra-venta de recursos, o simplement per a l'alimentació de les màquines que dia a dia fan falta per a dur a terme els processos de planta.

L'enginyer químic sol ser l'encarregat de dissenyar els sistemes de transport de fluïts, els quals ens venen donats segons un seguit de paràmetres o qualitats del fluït en qüestió.

Principalment podem determinar que hi ha dos tipus de càlculs bàsics per al que fa al disseny de processos, aquells que tracten i estudien el comportament de la matèria, és a dir, conversions, reaccions, etc. I tots aquells que a la vegada estudien les necessitats i comportament energètics dels diferents sistemes. És per això que l'enginyer químic ha de tenir en compte amb quina d'aquestes dues variants treballa i de la manera que interactuen entre elles en el procés a estudiar. Per fer-ho, usa eines matemàtiques de càlcul, de les quals la més bàsica i la que usa amb més freqüència són els *balanços de matèria i energia*.

En aquest apartat tractarem processos tant de transmissió de moviment, calor com de transmissió de matèria. Aquest camp és molt extens com per a poder aprofundir-hi en aquests tallers de pràctiques per això han estat seleccionats i adaptats una sèrie de processos que els estudiants del grau d'enginyeria química treballen durant la seva formació. Això doncs parlarem dels sistemes de transport de matèria i els sistemes de transport d'energia centrant-nos en el funcionament d'aquest sobre els fluids.(43)



#### 4.1.1- Pèrdues de càrrega dins un circuit

##### I. Informació per al docent

El temps de realització de la pràctica de pèrdues de càrrega dins un circuit es troba entre 1h i 1h i 30 min. S'ha d'anar amb compte amb els estris de mesura, ja que depenent del punt a avaluar amb alguns dels instruments de mesura, la pressió mesurada surt del rang de mesura d'aquests, és per això que cal remarcar al alumnat la importància de l'elecció del aparell de mesura usat i de l'escala mostrada. La major dificultat que mostra la pràctica és amb els seus càlculs.

Per tal de facilitar aquest càlcul s'ha generat un full de càlcul en excel on l'estudiant ha de realitzar les mesures i fer el canvi de la seva unitat de mesura a la unitat del sistema internacional el pascal (Pa), facilitant així la feina del estudiant, ja que s'ha considerat que els càlculs de la pèrdua de càrrega eren d'una complexitat massa elevada

##### II. Fonament teòric

Els comportaments dels fluids dins dels circuits no són el que anomenaríem comportaments ideals, és a dir aquests comportaments es troben afectats per casuístiques pròpies de cadascun dels circuits, i poden derivar a comportaments no desitjats.

Els elements que formen els circuits de transport de fluïts són els causants del que anomenem pèrdues de càrrega. Entenem com a pèrdua de càrrega la pèrdua d'energia deguda al moviment d'un fluid, normalment líquid, la qual expressem en termes d'energia per unitat de pes del fluid i que ve donada en dimensions de longitud equivalent de circuit. És per això que per transportar aquests materials fins al punt desitjat, s'usen les bombes, aquests elements són els encarregats de transportar els fluïts d'un punt fins a un altre, incrementant l'energia mecànica del fluït per tal de superar les pèrdues de càrrega ocasionades per els diferents accessoris que conformen el circuit.

Tot i que al mercat hi trobem molts tipus de bombes, la més comuna és la bombà centrífuga, la qual té com a principal característica que l'entrada i la sortida del fluït es troben en angle de 90°.

Per tal de trobar aquest punt l'enginyer compta amb una de les seves principals eines de càlcul, el *balanç*. Els balanços es fan en les diferents unitats i seccions del sistema a estudiar, per tal de comptabilitzar els fluxos de matèria i energia entre un determinat procés i els seus voltants o entre els diferents operacions que l'integren. De forma que la seva resolució en

permetrà conèixer els cabals, composicions i necessitats energètiques que té el nostre sistema. El seu ús per al disseny ens determinarà la viabilitat dels projectes, ja que gràcies a ells podem dimensionar el nostre procés i per tant veure els costos efectius de la seva instal·lació.

Els balanços poden ser de dos tipus:

- De matèria:

Aquest balanç es basa en la llei de conservació de la matèria i energia, però excepte en els casos de càlculs de reactors nuclears, no existeix el cas de conversió de matèria en energia o a la inversa, amb el que podem treballar amb els dos tipus de balanç per separat de forma que podem calcular la variació total de matèria com la diferencia entre la suma dels cabals d'entrada en una unitat i la suma dels cabals de sortida obtenint com a resultat l'acumulació de matèria dins de la unitat de treball.

La forma del balanç també es pot portar per a cadascun dels components serà la mateixa, excepte en el cas de que tinguem reacció química a l'interior de la unitat d'estudi, cas en el que tindrem que considerar l'aparició o desaparició d'algun dels components individuals, a causa de la reacció, on ens apareixerà el concepte de *generació*.

Una de les situacions més freqüent en als càlculs de balanços de matèria és la situació en que el terme d'acumulació és 0.

Els balanços de matèria, doncs, poden ser aplicats a un sol element del circuit o a tot el conjunt d'elements que el conformen, en el segon cas anomenarem aquest conjunt com a *caixa negra* ja que coneixerem el que surt de les seves fronteres però no, els canvis produïts dins d'aquestes. Per a cada unitat o equip es podran plantejar tants balanços de matèria independents com nombre de components que intervenen en el procés.

- D'energia:

Els balanços d'energia són normalment més complexos que els de matèria, degut a que la energia pot transformar-se d'unes a altres formes, el que ens obliga a considerar aquest aspecte en les equacions. Generalment aquest tipus de balanços són imprescindibles en equips en els que l'intercanvi d'energia sigui determinant, on principalment passarà en el cas de d'intercanviadors de calor, evaporadors, columnes de destil·lació, etc., i principalment en casos on ens sigui necessari escalfar o refredar el fluid.

Deixant de banda el balanç energètic dins dels reactors, en la majoria de la resta d'equips, L'energia transmesa al equip sol ser per a transmetre energia mecànica al fluid per al seu desplaçament dins del sistema. L'element encarregat de transmetre aquesta energia és la bomba hidràulica.(86)

L'equació de balanç energètic usada en els sistemes de desplaçament de fluids no compressibles és principalment l'equació de Bernoulli:

$$G_1 \cdot g \cdot z_1 + \frac{1}{2} G_1 \cdot \rho \cdot u^2 + P_1 \cdot G_1 + E_{Mec} = G_2 \cdot \rho \cdot g \cdot z_2 + \frac{1}{2} G_2 \cdot \rho \cdot u^2 + P_2 \cdot G_2 + hf$$

*Equació 1:Equació de Bernoulli*

Per al que fa a les pèrdues de càrrega donades per els elements del circuit, hem de tenir en compte que cada accessori té un coeficient donat per la seva morfologia, i característiques del material emprat per a la seva construcció (rugositat del material, porositat, etc.). És per això que per a cadascun d'aquests elements, hem de calcular-ne l'equivalència en metres lineals de tub, per tal que a l'hora de dimensionar la bomba que portarà l'energia al fluid tingui la potencia necessària per fer-ho. Per això comptem amb un seguit de dades bibliogràfiques emmarcades en les taules, per tal de facilitar les conversions i obtenir així uns valors per a la constant  $K$  que ens apareix a l'equació de la longitud equivalent de pèrdues de càrrega per a cada complement del circuit:

Values of factor to be used in Eq. (6)—Table II		
Equipment	Eq. (6): $R = \phi (1/S^5)$	
Pipe, round, commercially smooth, $N_{Re} > 10^4$	0.024	$\phi (L/D)$
Others..	4f	$(L/D)$
Expansion or exit.....	$[1 - (S_1/S_2)]^5$	
Contraction or entrance, $S_2/S_1 < 0.715$ ....	$0.4 [1.25 - (S_1/S_2)]$	
$S_2/S_1 > 0.715$ ....	$0.75 [1 - (S_2/S_1)]$	
Elbows:		
45°.....	0.3	
90° standard radius.....	0.74	
medium radius.....	0.60	
long sweep.....	0.46	
square.....	1.3	
180° close bend.....	1.7	
medium-radius bend.....	1.2	
Tee, used as elbow		
entering run.....	1.3	
entering branch.....	1.9	
Open valve		
gate.....	0.13	
globe.....	6.0	
angle.....	3.0	
Water meter		
Disk.....	8.0	
Piston.....	12.0	
Impulse wheel.....	6.0	
Packed column		
Irrigation $< 1.5 \times 10^{-3}$ m./sec.....	$(LF_p)/n_p$	
Ceramic		
20 Raschig rings		
15 Berl saddles		
8 Pall rings		
Full-cone spray nozzles, spray angle $\alpha$ ....	$1 + \frac{(\tan \alpha/2)^2}{2}$	

Il·lustració 22: Factor  $K$  dels complements dels circuits de transport de fluids. Font: RECULL DE DADES, d'enginyeria del transport de fluids i transmissió de calor, de Bonsfills, A.; dep. D'enginyeria Minera i recursos naturals, Secció d'enginyeria química pàg. 72 (49)

$$hf = K \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Equació 2: Equació de pèrdues de carrega per a complements

Com ja hem comentat en aquest apartat introductori, l'element principal dels sistemes de transmissió de fluids és la bomba. Una bomba, és un aparell usat per moure *gasos, líquids o altres fluids*.

Una bomba és defineix com una màquina hidràulica que transforma l'energia elèctrica, en energia mecànica. La primera bomba coneguda, va ser el cargol d'Arquímedes.

Les bombes s'usen per desplaçar fluids addicionant treball físic al sistema. Depenent del tipus de fase en la que es trobi el fluid en podem diferenciar dos:

- Bombes hidràuliques (líquids)
- Compressor (gasos)

Les bombes treballen usant forces mecàniques per impulsar la matèria ja sigui per elevació física o per la força de la compressió.

En incrementar-se l'energia del fluid, s'augmenta la seva pressió, la seva velocitat o la seva alçada totes les quals estan relacionades seguint el principi de Bernoulli.

En general una bomba s'utilitza per a incrementar la pressió d'un líquid afegint energia al sistema hidràulic per a moure el fluid d'una zona de menor pressió o altitud a una altra de major pressió o altitud.

Les bombes hidràuliques també es classifiquen segons el seu sistema de funcionament, podem determinar així els següents tipus de bombes:

- Volumètriques: Són aquelles bombes les quals estan basades en la hidrostàtica, de manera que l'augment de pressió es realitza per l'empenta de les parets de les cambres que varien el seu volum. En aquest tipus de bombes, en cada cicle el propulsor genera de manera positiva una cilindrada, fet que els dona el seu nom. Aquest tipus de bombes a l'hora es poden subdividir en varies subdivisions:
  - Bombes d'envol alternatiu: són aquelles en que un o diversos compartiments fixes tenen un volum variable per l'acció d'un envol.
  - Bombes roto-estàtiques: són aquelles en que una massa fluïda és confiada en un o diversos compartiments que es desplacen des de la zona d'entrada, punt a baixa pressió, fins a la zona de sortida o punt d'alta pressió de la màquina.
  - Bombes roto-dinàmiques: El seu principi de funcionament és basat en l'intercanvi de quantitat de moviment entre la màquina i el fluid, aplicant les lleis de la hidrodinàmica. En aquest tipus de bombes hi ha un o diversos rodets

que giren generant una variació de pressió en el fluid. El flux emprat en aquest tipus de màquines és continu. Aquest tipus de màquines poden classificar-se segons la direcció de la trajectòria seguida per el fluid:

- Radials o centrífugues, quan la trajectòria del fluid és perpendicular al eix del rodets impulsor. És la més comuna i té com a característica un angle de  $90^\circ$  entre l'entrada i la sortida del fluid.
- Axials, quan el fluid passa pels canals dels rodets seguint una trajectòria continguda en un cilindre.
- Diagonals o helicó-centrífugues, quan la trajectòria del fluid impulsat és en un con axial amb l'eix obert.

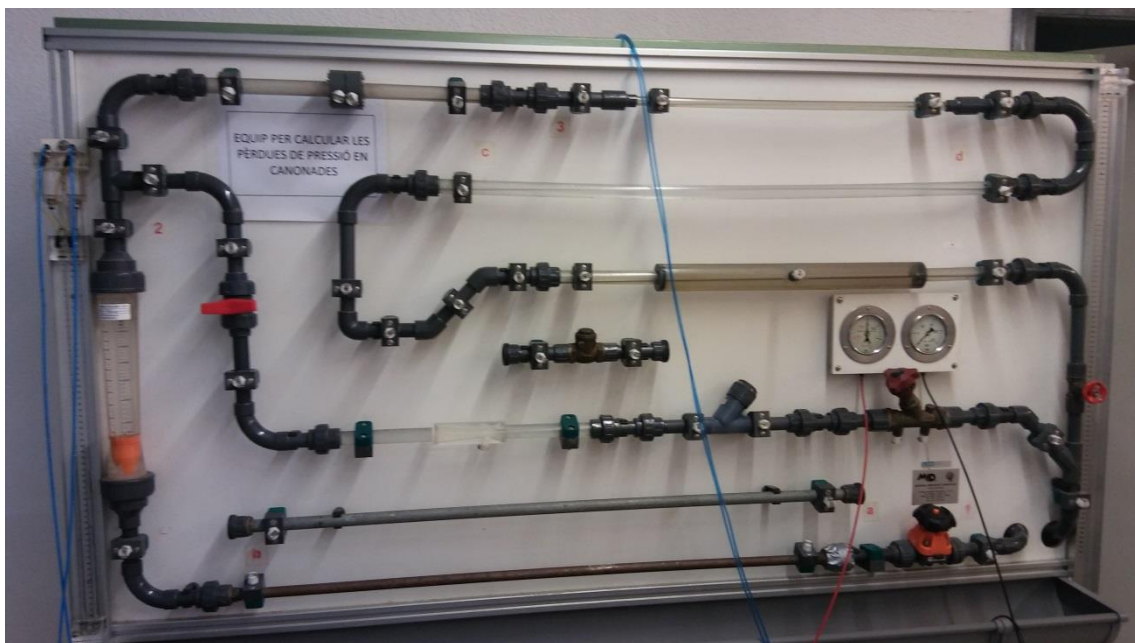
### III. Informe de la pràctica

#### **Objectiu**

Determinar les pèrdues de càrrega dels circuits i complements de transport de fluids, estudiar i comprendre les diferents parts d'un sistema de canonades i els seus complements i observar l'efecte que té la variació de cabal dins del sistema.

#### **Materials**

Panell de pèrdues de càrrega i elements d'un circuit, preparat en 2 sistemes de canonades diferenciats.



*Il·lustració 23: Fotografia del panell de pèrdues de càrrega. Font: Pròpia*

Els dos circuits es seleccionen amb una vàlvula, amb la vàlvula oberta el circuit per al qual ens circula el nostre líquid, amb la vàlvula completament oberta estarem usant el que hem anomenat *circuit 1*, mentre que si mantenim tancada la vàlvula desviarem el flux d'aigua per el *circuit 2*.

Aquests dos circuits compten amb els següents elements:



Il·lustració 24: Rotàmetre. Font: pròpia

**Rotàmetre:** és l'aparell emprat per mesurar el cabal d'aigua que passa per una canonada, es basa en un tub transparent amb una escala graduada, on hi sura una boia, la qual ens marca el cabal en una escala de 600 a 6000 L/h.

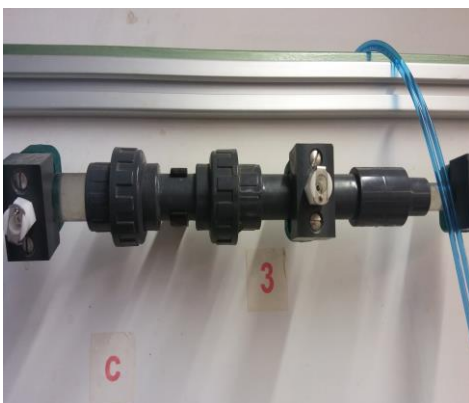
Per a les diferents experiències obrirem o tancarem la vàlvula de globus de l'entrada del circuit per mantenir el cabal que corre dins d'aquest constant a 1500 i 3000 L/h.

*Elements mesurats en el circuit 1:*



Il·lustració 25: Diafragma. Font: pròpia

**Diafragma:** és un mesurador de pressió, consta d'una o varies capsules circulars connectades entre si per soldadura, de forma que al aplicar-hi pressió, la capsula es deforma, aquesta deformació és usada posteriorment per a quantificar la diferencia de pressió exercida, ja sigui per a través d'un joc de palanques les quals ens mostrin el resultat a partir d'una escala graduada o electrònicament amb l'ús d'una galga extensiomètrica.



Il·lustració 26: contracció suau. Font: Pròpia

**Contracció Suau**

És un element d'unió entre tubs de diferent mida, consisteix un element bàsic per a unir tubs de diàmetre més gran amb un de diàmetre menor.



### *Tubs i conductes de PVC*

Constitueixen un dels principals accessoris a tenir en compte, són els trams rectes de conducte que tindrà el nostre sistema, solen ser de materials com el PVC, acer inoxidable, coure, o altres metalls i polímers. El material del qual estan fets determinarà una o altre resistència al fluid, la qual dependrà de la rugositat que tindrà aquest material.



*Il·lustració 27: Tub recte de PVC. Font: Pròpia*

### *Colzes*

És l'element que ens serveix per dirigir el fluid i fer adaptar el circuit a les necessitats físiques del seu entorn, aquests poden ser de diferent angle, tot i així els més comuns són els de 45 i 90°.



*Il·lustració 28: Colze de 90°. Font: Pròpia*

*Eixamplament i Contracció bruscs*

Constitueixen els canvis de diàmetre sobtats entre dos punts de tub connectats, creen una considerable pèrdua de càrrega degut al canvi de velocitat del fluid i les turbulències que es creen en aquests punts de canvi de diàmetre.



*Il·lustració 29: contracció i eixamplament bruscos*

*Vàlvules*

Són aquells elements que s'usen per a determinar l'obertura de pas del fluid dins del sistema de transmissió de fluids, o canonades. Aquestes poden ser de diferents tipus i es classifiquen en funció de la seva geometria o sistema de tancament de pas del fluid.

Tant poden ser controlades de forma manual com automàtiques a partir de sistemes de control i automatització, per tal de mantenir els cabals desitjats per a dur a terme les funcions necessàries del procés.



*Il·lustració 31: Vàlvula de comporta. Font: Pròpia*



*Il·lustració 10: Vàlvula de globus. Font: Pròpia*

### *Bomba*

És l'element necessari per a la transmissió de fluids ja que és el que aporta energia aquests a partir de la transformació d'energia elèctrica a mecànica, i transmetent-la al fluid per a ser transportat a través del sistema de canonades, les bombes tenen un seguit de limitacions segons les característiques del fluid a transportar i les característiques del circuit.

En el cas d'aquesta pràctica comptarem amb una bomba del tipus centrífuga de 0,6 kW de potència.



*Il·lustració 32: bomba centrífuga de potencia 0,6kW*

### *Tub venturi*

És un element dissenyat per a mesurar la velocitat d'un fluid aprofitant l'anomenat efecte Venturi. Tot i així en alguns casos es fa servir per accelerar la velocitat d'un fluid obligant-lo a travessar un tub estret en forma de con. Un exemple on s'usa per a aquesta finalitat és en els carburadors.



*Il·lustració 33:tub venturi. Font: Pròpia*

### Aparells de mesura

Els aparells de mesura són els encarregats, a partir de diferents fenòmens físics, de mostrar-nos els les diferents pressions. Les quals són la base dels càlculs de les pèrdues de càrrega entre dos punts d'una canonada. Aquests ens mostren les pressions relatives entre els dos punts seleccionats. Podem veure'n de diferents tipus en aquesta experiència:

#### *Mano-vacuòmetres:*



*Il·lustració 34: Mano-vacuòmetres, el de l'esquerra en Kg/cm², el de la dreta en MCA. Font: Pròpia*

Aquest aparell de mesura ens mostra la diferencia de pressió entre dos punts del circuit, això ho fa a partir d'aplicar pressió a un sistema de palanques el qual fa moure l'agulla sobre una escala graduada per a la posterior lectura de les dades. Aquest sistema ens dona dades de la pressió en un punt amb dos unitats diferents, el de l'esquerra ens dona les mesures en kg/cm<sup>2</sup> mentre que el segon ens dona la pressió en

MCA (metres de columna d'aigua).

Aquests poden ser electrònics, els quals és basen en l'ús de galgues extensió-mètriques per a la mesura de les pressions, o analògics, on el més comú és l'anomenat manòmetre de Bourdon, com és el cas que ens escau.

#### *Tub de mercuri:*



*Il·lustració 35: Tubs de mercuri. Font: Pròpia*

Consta de dos tubs comunicats entre ells on s'hi troba una determinada alçada de mercuri, aquests tubs de secció coneguda estan superposats a una escala mil·limetrada la qual serveix per llegir la diferencia de mil·límetres de mercuri entre elles, fet que ens determina la diferencia de pressió entre dos punts del circuit, donant-nos aquesta mesura en mmHg.

**Procediment**

1. Es verifica que el dipòsit es troba ple d'aigua.
2. A continuació s'endolla el grup hidràulic.
3. Es comprova que el manòmetre i el mano-vacuòmetre és trobin a zero.
4. S'igualen les alçades dels tubs a la columna de mercuri
5. Es realitzaran dues experiències:
  - Una amb un cabal de 3000 L/h
  - La segona amb un cabal de 1500L/h
6. Es prenen dades de la diferencia de pressió usant el mano-vacuòmetre Bourdon ( $\text{Kg/cm}^2$ ), el manòmetre en metres de columna d'aigua i el manòmetre diferencial de la columna de mercuri (mmHg) en els següents elements.

Cal tenir en compte les següents equivalències:

Unitat de mesura	Equivalència en Pa
mmHg	133,32
MCA	9806,38
$\text{Kg/cm}^2$	98070

Taula 7: Equivalències d'unitats en Pa. Font: <https://www.convertworld.com/es/presion/metro-de-agua.html>

7. A partir de les dades mesurades en cadascun dels punts del circuit, determinar quin és el més adequat per al transport de fluids en cadascun dels règims.

**Obtenció de dades**

A partir de les mesures de pèrdues de càrrega en diferents punts del circuit cal completar la següent taula, tota pressa de dades és farà per triplicat:

Circuit 1								
Règim Turbulent a 1500L/h								
Element	Diafragma (Pa)	Estretament suau (Pa)	Tub de PVC (Pa)	Eixamplament suau (Pa)	Colze de 90º (Pa)	Eixamplament brusc (Pa)	Eixamplament brusc (Contracció) (Pa)	Total (Pa)
Mitjana mesures d'entrada	24516,62	19613,30	14709,97	37596,91	36796,98	36130,37	35863,72	205939,65
Mitjana mesures de sortida	14709,97	14709,97	9806,65	38796,81	39463,48	39996,72	40530,00	4903,33

Taula 8: obtingudes per als elements i circuit 1 amb cabal de 1500L/h

Règim Turbulent a 3000 L/h								
Element	Diafragma (Pa)	Estretament suau (Pa)	Tub de PVC (Pa)	Eixamplament suau (Pa)	Colze de 90º (Pa)	Eixamplament brusc (Pa)	Eixamplament brusc (Contracció) (Pa)	Total (Pa)
Mitjana mesures d'entrada	93163,37	75184,32	58839,90	39226,60	44129,93	39330,11	41597,09	166713,10
Mitjana mesures de sortida	67012,11	58839,90	49033,25	49033,25	41678,63	37063,63	34663,82	39226,60

Taula 9: obtingudes per als elements i circuit 1 amb cabal de 3000L/h

Circuit 2					
Règim Turbulent G=3000L/h					
Element	T (Pa)	Colze de 90 (Pa)	Vàlvula (Pa)	Tub venturi (Pa)	Total (Pa)
Mitjana mesures d'entrada	89077,07	88259,85	38663,50	38530,17	166713,10
Mitjana mesures de sortida	88259,85	88259,85	37596,92	37996,88	39226,60
Règim Turbulent G=1500L/h					
Element	T (Pa)	Colze de 90(Pa)	Vàlvula (Pa)	Tub venturi (Pa)	Total (Pa)
Mitjana mesures d'entrada	127486,50	127486,50	127486,45	132389,78	205939,70
Mitjana mesures de sortida	127486,50	127486,50	132389,78	127486,45	4903,33

Taula 10: Pressions mesurades per al circuit 2



Hem de tenir en compte també les següents condicions de laboratori:

$$T_{lab} = 22^{\circ}C$$

$$P_{atm} = 758mmHg$$

Les mesures han estat preses amb mmHg, MCA (metres de columna d'aigua) i  $Kg/cm^2$  depenent del estri de mesura usat aquestes unitats corresponen a les següents equivalències en pascals (Pa):

$$1MCA = 9806,38 Pa$$

$$1 Kg/cm^2 = 98070 Pa$$

$$1mmHg = 133,32 Pa$$

**Elaboració de resultats**

Tenint en compte els efectes que ens produeixen els diferents elements dins del circuit, i a partir de les següents fórmules fem els càlculs de les pèrdues de càrrega dels dos circuits per a dos cabals diferents:

$$G_1 \cdot \rho \cdot g \cdot z_1 + \frac{1}{2} G_1 \cdot \rho \cdot u^2 + P_1 \cdot G_1 + E_{Mec} = G_2 \cdot \rho \cdot g \cdot z_2 + \frac{1}{2} G_2 \cdot \rho \cdot u^2 + P_2 \cdot G_2 + hf$$

*Equació 1: Equació de Bernoulli*

On obtindrem les pèrdues de càrrega, en forma de longitud equivalent de canonada recte a partir d'aïllar el factor  $hf$ :

$$hf = G \cdot \rho \cdot g \cdot (z_1 - z_2) + \frac{1}{2} G \cdot \rho \cdot (u^2_1 - u^2_2) + (P_1 - P_2) \cdot G_1 + E_{Mec}$$

*Equació 3: Aïllament de les pèrdues de càrrega a l'equació de Bernoulli*

on:

- G és el cabal ( $m^3/s$ )
- z és la posició en l'espai del tub (m)
- u és la velocitat del fluid al interior de la canonada ( $m/s^2$ )
- P és la pressió en el punt mesurat (Pa)

**Qüestions**

A continuació responeu detalladament a les següents preguntes:

- **Calcula les pèrdues de càrrega tot usant l'equació de Bernoulli per a cadascun dels elements del circuit mesurats.**

Per al circuit sencer:

- Configuració a 1500 L/h

Per al Circuit 1:

Element analitzat	Pressió d'entrada (Pa)	Pressió de sortida (Pa)	Pèrdua de pressió (Pa)	Pèrdua de càrrega Mesurada (m)
Diafragma	125575,0	115768,4	9806,65	4,69
Contracció suau	120671,7	115768,4	4903,33	2,64
Tub de PVC	115768,4	110865,0	4903,33	2,64
Eixamplament suau	138655,3	139855,2	-1199,90	0,1
Colze de 90º	137855,4	140521,9	-2666,51	0,2
Eixamplament brusc	137188,7	141055,1	-3866,35	2,43
Contracció brusca	136922,1	141588,4	-4666,28	0,08
Circuit total	306998,0	105961,7	201036,30	83,83

Taula 11: Avaluació dels diferents elements i pèrdues de càrrega i pressió per al circuit 1 a cabal 1500L/h

Per al 2n circuit:

Element analitzat	Pressió d'entrada (Pa)	Pressió de sortida (Pa)	Pèrdua de pressió (Pa)	Pèrdua de carrega Mesurada (m)
T	228544,8	228544,8	0	0,273
Colze de 90	228544,8	228544,8	0	1,05
Vàlvula	228544,8	233448,2	-4903,33	0,58
Tub Venturi	233448,2	228544,8	4903,33	2,64
Circuit total	306998,0	105961,7	201036,30	83,83

Taula 12:Avaluació dels diferents elements i pèrdues de càrrega i pressió per al circuit 2 a cabal 1500L/h

- Configuració a 3000L/h

Per al Circuit 1:

Element analitzat	Pressió d'entrada (Pa)	Pressió de sortida (Pa)	Pèrdua de pressió (Pa)	Pèrdua de carrega Mesurada (m)
Diafragma	194221,75	168070,49	26151,26	22,39
Contracció suau	176242,70	159898,28	16344,42	14,22
Tub de PVC	159898,28	150091,63	9806,65	8,77
Eixamplament suau	140284,98	150091,63	-9806,65	-7,57
Colze de 90º	145188,30	142736,64	2451,66	4,07
Eixamplament brusc	140388,49	138122,01	2266,48	2,49
Contracció brusca	142655,47	135722,20	6933,26	6,38
Circuit total	267771,43	140284,98	127486,45	105,78

Taula 13:Avaluació dels diferents elements i pèrdues de càrrega i pressió per al circuit 1 a cabal 3000L/h

Per al 2n circuit:

Element analitzat	Pressió d'entrada (Pa)	Pressió de sortida (Pa)	Pèrdua de pressió (Pa)	Pèrdua de carga Mesurada (m)
T	89077,07	88259,85	817,22	0,63
Colze de 90	88259,85	88259,85	0,00	1,50
Vàlvula	38663,496	37596,92	1066,58	3,20
Tub Venturi	38530,17	37996,88	533,29	1,04
Circuit total	39226,60	166713,05	127486,45	105,78

Taula 14: Avaluació dels diferents elements i pèrdues de càrrega i pressió per al circuit 2 a cabal 3000L/h

**Qüestions**

- **Quin dels 2 circuits té major pèrdua de càrrega i amb quin cabal? Com afecta el cabal a les pèrdues de càrrega?**

La configuració amb major pèrdues de pressió són els circuits on el cabal és més baix (1500 L/h) tal i com esperàvem ja que les pèrdues de càrrega són més significatives a cabals baixos que a cabals elevats. Per contra, la longitud equivalent a les pèrdues de càrrega per cadascun dels circuits és superior

en el cas en el que tenim un cabal més elevat, el qual equival a 105,77 m de tub recte, mentre que amb un cabal de 1500L/h obtenim unes pèrdues equivalents a 83,83 m.

- **Quin és l'element que ens aporta l'energia necessària per a moure el fluït? De quin tipus és? Quina és la seva principal característica de funcionament?**

La bomba, en el nostre cas es tracta d'una bomba centrífuga, la qual es caracteritza per que a seva entrada i sortida de fluid es troben en un angle de 90º entre elles.

- **Que és el fenomen de la cavitació?**

El fenomen de la cavitació és el fenomen que es dona en un circuit de transport de fluids i que afecta principalment a la bomba quan el fluid de transport es troba en forma bifàsica (gas-líquid), aquest efecte crea "picadures" a les peces metàl·liques a causa de la disminució de la pressió en el circuit. Portant als materials desgast fins al punt més crític on podria arribar al trencament de peces principals de la bomba i fent malbé tot el sistema d'impuls.

**Conclusions**

Aquesta pràctica mostra als alumnes la importància que té el fet de triar una o altre combinació d'elements a l'hora de dissenyar un circuit de transport de fluids i els mostra una gran quantitat d'accessoris i els seus diferents usos. S'ha pogut presentar i treballar amb un dels elements més importants dels sistemes de transport de fluids, la bomba.

La pràctica en si és una adaptació d'una de les practiques d'enginyeria química fetes a tercer curs del grau i és una de les de més complexitat de càlculs dins del conjunt de tretze practiques presentades com a tallers, és per això que adjunt a la pràctica es podrà trobar un full d'Excel el qual servirà al alumne per facilitar-li els càlculs, aquest només haurà de fer la conversió de dades de pressió mesurades al laboratori, calcular les diferències de pressió entre les entrades i sortides de cada element del circuit i anotar les longituds equivalents d'aquests i fer la comparació d'ambdós circuits amb les diferents entrades de cabal.

Per al que fa als resultats obtinguts podem determinar que per als cabals seleccionats les pèrdues de pressió obtingudes en el circuit complet són més elevades en el cas de menor cabal, tot i així la longitud equivalent de tub en metres la que obté una major longitud equivalent són les experiències realitzades amb un cabal de 3000L/h.

#### 4.1.2- Transmissió de calor en intercanviador de tubs concèntrics

##### I. Informació per al docent

Per a la realització d'aquesta pràctica fa falta aproximadament 2h de temps. Per al que fa a la dificultat d'aquesta pràctica no comporta ni un elevat grau de dificultat de càlcul ni de realització, cal remarcar al alumne que la presa de dades ha de ser molt exacte, també remarcar que cal estar atent al punt d'entrada d'aigua de la xarxa, ja que amb certa obertura de la clau de pas hi ha perdues d'aigua.

##### II. Fonament teòric

Els intercanviadors de calor són els dispositius que permeten la transmissió d'energia tèrmica, d'un fluid més calent a un de menys calent.

Els sistemes de transmissió d'aquests elements són principalment per convecció i conducció. Entenent per convecció l'intercanvi d'energia entre la font de calor i les molècules del gas o líquid, on les molècules que tenen una temperatura superior es mouen cap a la superfície del fluid, on es poden determinar com a dos tipus, la convecció natural donada per les variacions de densitat, o forçada, quan es provoquen moviments del fluid deguts a esforços mecànics. En canvi la conducció és deguda a la resistència tèrmica dels materials que hi ha contacte entre un i altre fluid.(66)(47)

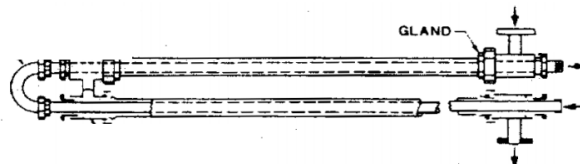


Dins d'aquest tipus d'elements podem diferenciar-los depenent del tipus de contacte entre els dos fluids tenint així:

- sistemes de contacte indirecte

- Tubs concèntrics

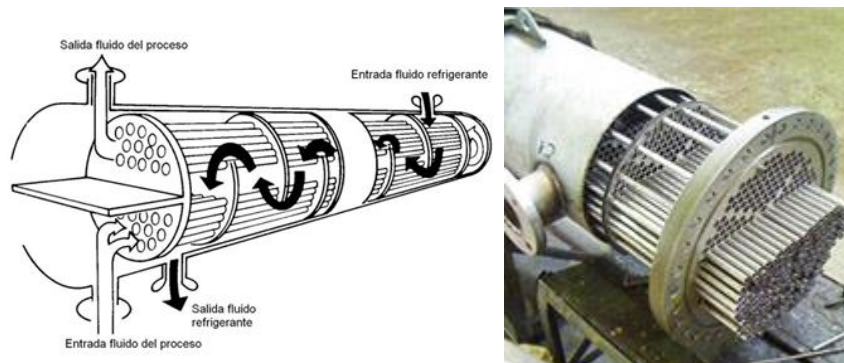
Consisteix en dos tubs concèntrics, per on hi passen simultàniament un fluid fred i un de calent, normalment vapor d'aigua, on l'intercanvi de calor depèn de l'àrea de contacte entre el pas de fluids.



*Il·lustració 36: esquema d'intercanviador de calor de tubs concèntrics. Font:(294)*

- Carcassa i tubs (principalment evaporadors)

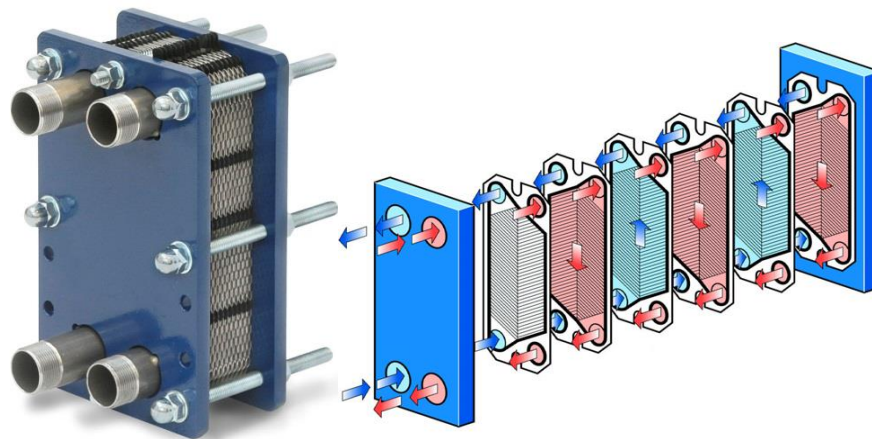
L'intercanviador de calor de carcassa i tubs és el més utilitzat en la indústria. Està format per una carcassa i per multitud de tubs. Es classifiquen pel nombre de vegades que passa el fluid per la carcassa i pel nombre de vegades que passa el fluid pels tubs. En els intercanviadors de calor de pas múltiple el funcionament és el mateix, amb la diferència que els fluids usats per al intercanvi d'energia en forma de calor, tenen més punts d'intercanvi d'energia a l'interior del intercanviador.



*Il·lustració 37:Esquema i fotografia d'un equip de carcassa i tubs. Font:(261) i (8)*

- Plaques o compactes

Un intercanviador de calor de plaques consisteix en una successió de làmines de metall armades en un bastidor i connectades de mode que entre la primera i la segona placa circuli un fluid, entre la segona i la tercera un altre, i així successivament. Aquestes plaques estan separades per juntes, fixades en una carcassa d'acer. La circulació d'aquests fluids pot tenir diferents configuracions, en paral·lel i contracorrent.



*Il·lustració 38: fotografia i esquema d'un intercanviador de calor de plaques o compacte. Font: (102) i (266)*

Els intercanviadors de calor compactes estan dissenyats per aconseguir una gran àrea superficial de transferència de calor per unitat de volum. En els intercanviadors compactes, els dos fluids normalment es mouen en direccions ortogonals entre sí. Aquesta configuració de flux rep el nom de flux creuat.

El flux creuat es classifica en **mesclat** (un dels dos fluids flueix lliurement en direcció ortogonal a l'altre sense restriccions) i **no mesclat** (es posen unes plaques per guiar el flux d'un dels fluids). Exemples d'intercanviadors de calor compactes són els dels radiadors dels cotxes, els intercanviadors de calor de ceràmica de vidre de les turbines de gas, el regenerador del motor Stirling i el pulmó humà.

- Regeneradors

En un regenerador, la transferència de calor entre dos corrents es produeix pel pas alternat de fluids calents i freds a través d'un llit de sòlids, el qual té una apreciable capacitat d'emmagatzemament de calor. El fluid calent proporciona calor als sòlids que s'escalfen de forma gradual; però abans d'arribar a l'equilibri els fluxos són canviats i llavors el fluid fred remou el calor del llit. En un tipus de regenerador, s'utilitzen dos llits idèntics, com en un sistema absorbidor-desorbidor. Un segon tipus utilitza un llit rotatori amb la forma d'una llanta gruixuda, amb el fluid fred que circula axialment a través del sector (generalment 180°) del llit, mentre que el fluid calent circula amb una direcció contrària a través de l'altre sector.

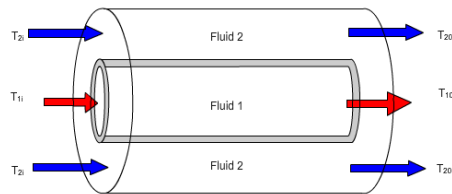
En regeneradors rotatoris, el llit és freqüentment una matriu de barres, pantalles o làmines corrugades, fa que tingui una gran àrea de superfície, però a més, una alta fracció de buits i una caiguda de pressió més baixa que un llit de partícules.

Els regeneradors ofereixen l'avantatge d'una àrea de superfície gran per unitat de volum i baix cost comparat amb els intercanviadors de carcassa i tubs. A més, són fàcils de netejar, i la carcassa pot ser fàcilment reemplaçada. El principal problema amb les unitats rotatòries és que una mica de fluid es filtra sota les làmines deflectores que separen als sectors calents i freds. A més, quasi no existeix la mescla dels corrents degut a que algun dels fluids en els espais buits és transportat a través de les làmines cap a un altre sector. Per l'aire pre-escalfat amb gasos de combustió calenta, la lleugera fuga de gasos de combustió dins de l'aire, i a l'inrevés, no és un gran problema, i els regeneradors rotatoris són àmpliament utilitzats en plantes d'energia elèctrica. També són utilitzats a incineradores, alts forns i motors de turbina de gas. En general, els regeneradors no són idonis per a líquids, degut a que la capacitat tèrmica del líquid en els porus podria ser comparable amb la de la matriu sòlida.

L'efectivitat d'un regenerador depèn del nombre d'unitats de transferència de calor i el cicle de temps. Per capacitats de fluxos iguals i resistències menyspreables en el sòlid, els coeficients de pel·lícula es combinen per obtenir un coeficient global efectiu  $U$ .

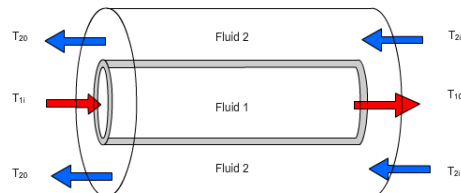
En aquesta pràctica es centrarà en l'estudi de la transmissió d'energia en forma de calor en un intercanviador de tubs concèntrics i en els diferents tipus de configuracions d'entrada i sortida dels dos fluïts (paral·lel i contracorrent) i compararem l'eficàcia d'ambdues configuracions.

- La configuració en paral·lel consisteix en fer passar els fluïts en la mateixa direcció, és a dir, que les entrades i sortides dels dos fluïts estaran disposades en el mateix costat del intercanviador tal i com es pot observar a la següent figura:



*Il·lustració 39: Configuració d'intercanviador de calor de tubs concèntrics en paral·lel. Font: (103)*

La configuració a contracorrent en canvi ens dirigeix el fluït fred en el sentit contrari del de major temperatura:



*Il·lustració 40: Configuració d'intercanviador de tubs concèntrics a contracorrent. Font: (103)*

A partir de les dades experimentals que obtenim de les mesures de temperatura, es realitzaran els diagrames de distribució de temperatura per ambdues configuracions.

Per fer-ho calcularem el flux de calor bescanviant per a cada fluid, de la següent forma:

Per al fluid calent:

$$Q = W_1 \cdot Cp \cdot (T_{1e} - T_{1s})$$

*Equació 4: Calor bescanviada pel fluid calent*

Per al fluid fred:

$$Q = W_2 \cdot C_p \cdot (T_{2s} - T_{2e})$$

*Equació 5: Calor bescanviada per el fluid fred*

On:

- Q : és el flux de calor kJ/s
- $W_i$ : el cabal màssic expressat en kg/s
- $C_{pi}$  : capacitat calorífica del fluid (en aquest cas aigua) expressada en kJ/kg·K
- $T_{ie}$  : temperatura d'entrada per a cada fluid (K)
- $T_{is}$  : temperatura de sortida per a cada fluid (K)

A partir del calor bescanviat es pot determinar el coeficient global de transmissió de calor del bescanviador amb la següent expressió, aquesta mesura ens determinarà el disseny d'experiències per al que fa a la transmissió de calor entre fluids. A partir de la següent expressió podem determinar-la:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{Log}$$

*Equació 6: càlcul de la quantitat de calor bescanviada*

On:

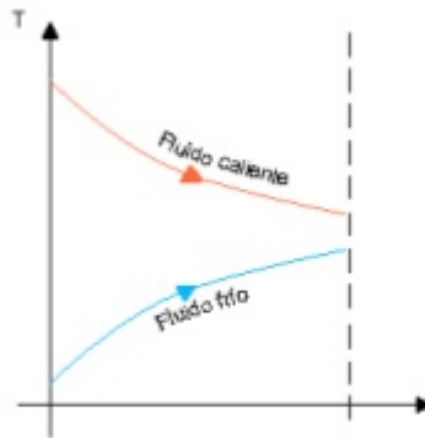
- U: Coeficient global de transmissió de calor, expressat en kW/m<sup>2</sup>·K
- A: àrea de transmissió de calor al bescanviador, expressada en m<sup>2</sup>
- $\Delta T_{Log}$ : Variació de temperatura logarítmica, expressada en K

El coeficient global de transmissió de calor és relaciona directament amb els coeficients individuals de transmissió de calor de les diferents capes i les resistències tèrmiques dels materials que conformen les parets de les canonades, dipòsits, i incrustacions que apareixen dins d'aquests com a resultat del pas de certs fluids. És important que aquest valor no tingui unes variacions importants, i que es sigui curos a l'hora de triar les expressions i condicions adequades per al càlcul de coeficients de individuals de transmissió de calor, així mateix com una correcta diferencia mitja de temperatures per a la configuració del intercanviador de calor. Per intentar minimitzar l'error de càlcul de la variació de temperatures usarem el càlcul de la variació de temperatura logarítmica. Aquesta ve donada per la següent expressió tenint en compte la composició del intercanviador de calor:

- En paral·lel:

$$\Delta T_{Log} = \frac{(T_{1e} - T_{2e}) - (T_{1s} - T_{2s})}{\ln\left(\frac{T_{1e} - T_{2e}}{T_{1s} - T_{2s}}\right)}$$

*Equació 7: Càlcul de l'increment de temperatura logarítmica*

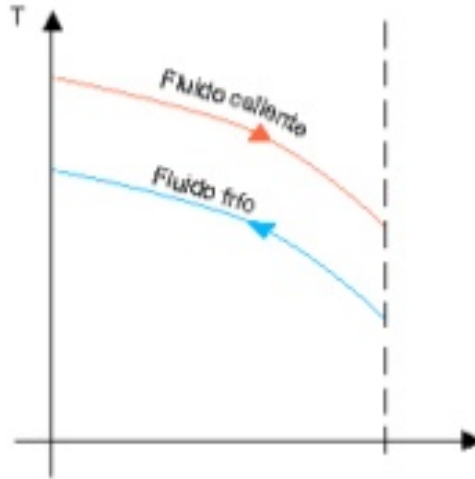


*Il·lustració 41: Comportament dels fluids en un intercanviador de tubs concèntrics en configuració paral·lela. Font: (172)*

- A contracorrent:

$$\Delta T_{Log} = \frac{(T_{1e} - T_{2s}) - (T_{1s} - T_{2e})}{\ln\left(\frac{T_{1e} - T_{2s}}{T_{1s} - T_{2e}}\right)}$$

Equació 8: Càlcul de l'increment de temperatura logarítmica d'un intercanviador de tubs concèntrics en configuració contracorrent



Il·lustració 42: Comportament dels fluids en un intercanviador de tubs concèntrics en configuració contracorrent. Font: (172)

Per al que fa a l'àrea de bescanvi de calor del tub, es poden referir tant a l'àrea exterior com a la interior, per tant obtindríem dos coeficients globals de transmissió de calor, l'intern i l'extern. Per a la realització d'aquesta experiència considerarem l'àrea de les parets d'un cilindre(tubs), per fer-ho usarem la següent fórmula tenint en compte els diàmetres d'ambdós tubs:

$$A_{parets \text{ d'un cilindre}} = \pi \cdot \varnothing \cdot L$$

On:

- $\varnothing$  és el diàmetre del tub
  - $\varnothing_i = 6,09\text{mm}$
  - $\varnothing_o = 7,99\text{mm}$
- L és la longitud dels tubs concèntrics  $L=1,6\text{m}$

### III. Informe de la pràctica

#### **Objectiu**

Observar el flux de calor bescambiat en un intercanviador de tubs concèntrics en els dos tipus de distribució possible dins d'aquest bescanviador quant hi passa la mateixa quantitat d'aigua i determinar els fluxos dels dos corrents per tal d'obtenir les condicions de sortida especificades.

#### **Materials i reactius**

- Planta pilot d'intercanviador de calor de tubs concèntrics

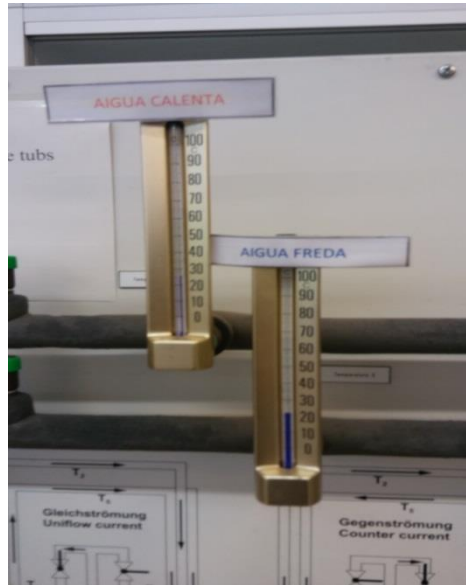


*Il·lustració 43: planta pilot d'intercanviador de Calor. Font: Pròpia.*



La planta usada compta amb els següents elements:

- Termòmetres:



*Il·lustració 44: Termòmetres de mercuri. Font: Pròpia.*

- Rotàmetre:



*Il·lustració 45: Rotàmetres. Font: Pròpia.*

- Bomba centrífuga:



*Il·lustració 46: Bomba centrífuga de la planta pilot. Font: Pròpia.*

- Vàlvules:



*Il·lustració 47: Vàlvules de control de flux d'aigua calenta i freda. Font: Pròpia.*

- Vàlvules de purga:

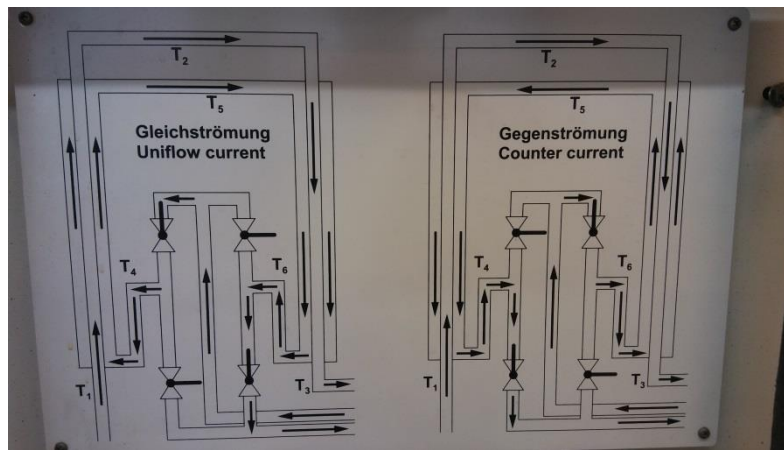


*Il·lustració 48: Vàlvules de purga d'aire dels circuits de l'intercanviador de calor. Font: Pròpia.*

- Ordinador amb full de càlcul d'Excel.  
Per a aquesta pràctica no ens fa falta cap reactiu.

**Procediment**

- Assegurar que el fre de els rodes del panell de l'intercanviador estiguin posats
- Comprovar que el dipòsit d'aigua estigui ple d'aigua (28 L)
- Endollar el bescanviador
- Verificar que les connexions del bescanviador amb l'aigua freda (xarxa de distribució) i sortida del bescanviador al desguàs.
- Es connecta l'interruptor principal del bescanviador
- Es fixa la temperatura del termòstat a 60°C
- Es fixa el sentit de l'aigua freda
  - En paral·lel obrim el les claus C i D de la figura i mantenim tancades les A i B.
  - A contracorrent obrim les claus A i B i mantindrem tancades les C i D.



*Il·lustració 49: Fotografia del Esquema de configuracions del sistema d'I.C. Font: Pròpia.*

- A continuació es connecta la bomba i es fixa el ritme de flux amb les vàlvules de control.
- S'obren a poc a poc les vàlvules de drenatge i es deixa que surti l'aire, aquest pas es fa amb la supervisió del professor o personal del laboratori. Es tanquen tant bon punt surt aigua.
- Es prenen dades de la mesura de temperatures en cada punt cada 5 min fins que aquestes es mantinguin constants (règim estacionari).
- Un cop aconseguit el règim estacionari es canvia la configuració, obrint primerament les claus tancades i tancant a continuació les claus obertes en l'anterior experiència, molta atenció ja que mai poden estar les 4 claus tancades a l'hora.
- En finalitzar la pràctica es desconnectarà l'aparell en ordre invers al que s'ha connectat.

**Obtenció de dades**

Per a la obtenció de dades, hem mantingut els cabals dels dos fluids al 50% del seu flux màxim, 48L/h tant per al líquid fred com per al líquid calent.

Primerament usem el sistema amb les vàlvules C i D, per mantenir el nostre intercanviador de tubs concèntrics en una configuració en paral·lel. Per fer-ho agafarem les dades dels 6 diferents termòmetres situats en varis punts del sistema de tubs fins a obtenir un règim estacionari.

Temps (min)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4(°C)	T5(°C)	T6(°C)
0	24	23	24	23	23	22
5	30	27	26	20	22	23
10	33	30	29	23	21	23
15	38	33	32	28	23	24
20	43	37	35	19	25	23
25	46	40	38	19	24	27
30	46	42	39	19	24	27
35	54	45	43	19	26	30
40	57	48	44	18	26	30
45	58	49	45	18	26	31
50	57	49	45	18	26	30
55	59	49	45	18	26	30
60	59	49	45	18	26	30

Taula 15: Dades obtingudes de temperatura de l'experiència realitzada al laboratori en paral·lel. Font: Pròpia.

Un cop obtingut aquest estat, obrim les vàlvules A i B i a continuació tanquem les vàlvules C i D per tal que quedi en contracorrent. Mantindrem aquest sistema fins a arribar a obtenir les dades d'estat estacionari per a aquesta configuració:

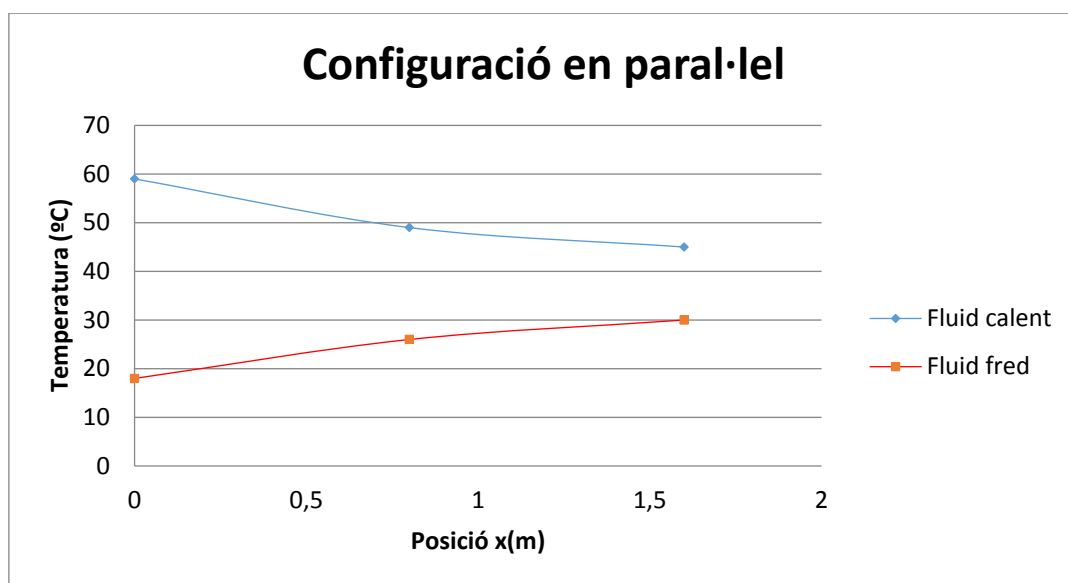
Temps (min)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4(°C)	T5(°C)	T6(°C)
0	59	49	45	18	26	30
5	58	49	39	32	25	18
10	59	50	44	32	25	18
15	59	50	44	32	25	18
20	59	50	44	32	25	18

Taula 16: Taula de dades obtingudes al laboratori per configuració a contracorrent. Font: Pròpia.

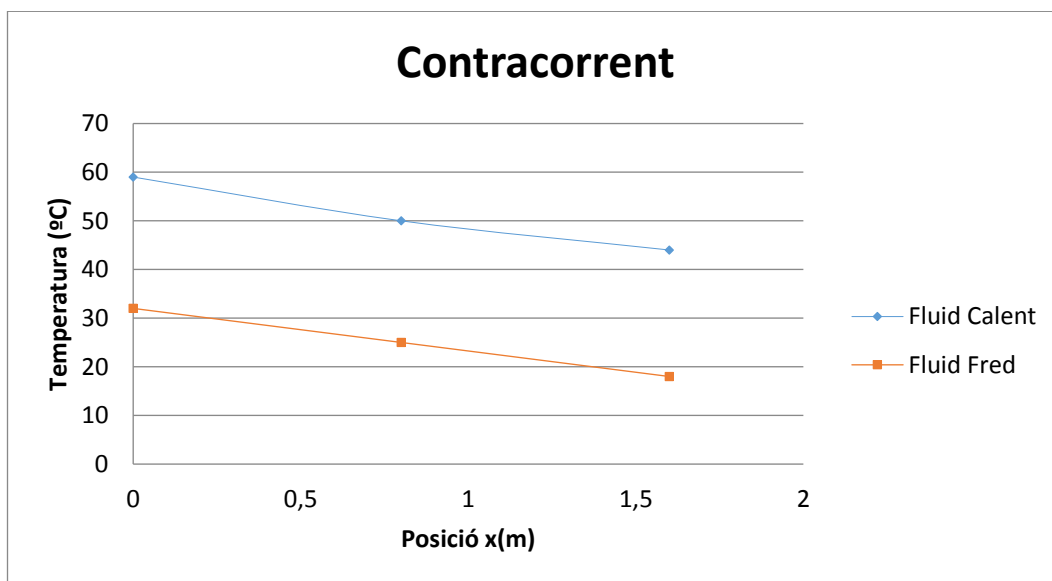
**Qüestions**

1. **Dibuixa els diagrames de distribució de temperatura del bescanviador per a ambdues configuracions a partir de les dades de les temperatures estacionàries en els tres punts de mesura.**

La longitud del intercanviador de tubs concèntrics és de 1,6m de longitud de zona de contacte, tenint en compte aquesta dada construïm les gràfiques de distribució de temperatura per a les dues configuracions:



*Il·lustració 50: Gràfica de valor obtinguts a l'intercanviador de tubs concèntrics per la configuració en paral·lel. Font: Pròpia.*



*Il·lustració 51: Gràfica de valors obtinguts a l'intercanviador de tubs concèntrics per la configuració a contracorrent. Font: Pròpia.*

## 2. Calcula per a les dues configuracions:

### a. El flux de calor bescanviat (q)

EL flux de calor bescanviat es calcula a partir de la següent equació:

$$q = W \cdot C_{p_{H_2O}} \cdot (T_{1i} - T_{10})$$

*Equació 9: Flux de calor bescanviat*

Per a cada configuració podem calcular el flux de calor bescanviat tenint en compte que el cabal d'aigua que passa per cadascun dels tubs:

- Per a la configuració en paral·lel:

$$q_{calent} = 48 \frac{l}{h} \cdot \frac{1kg}{l} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \frac{4,18Kcal}{J \cdot ^\circ C} \cdot (59 - 45)^\circ C =$$

$$q_{calent} = 2808,96 W$$

$$q_{fred} = 48 \frac{l}{h} \cdot \frac{1kg}{l} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \frac{4,18Kcal}{J \cdot ^\circ C} (18 - 30)^\circ C =$$

$$q_{fred} = -2407,68 W$$

*Equació 10: Càlculs de l'intercanvi de calor entre fluid fred i calent en la configuració en paral·lel*

- Per a la configuració a contracorrent:

$$q_{calent} = 48 \frac{l}{h} \cdot \frac{1kg}{l} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \frac{4,18Kcal}{J \cdot K} (59 - 44)K =$$

$$q_{calent} = 3009,60 W$$

$$q_{fred} = 48 \frac{l}{h} \cdot \frac{1kg}{l} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \frac{4,18Kcal}{J \cdot K} (18 - 32)K =$$

$$q_{fred} = -2808,96 W$$

*Equació 11: Càlculs de l'intercanvi d'energia entre fluid fred i calent en la configuració a contracorrent*

Podem observar que la quantitat de calor perduda per el fluid calent no és exactament la mateixa que el fluid fred, això es pot deure a la resistència del material del tub o a l'aparició d'incrustacions causades per la duresa de l'aigua, la qual fa que es dipositin sals i òxids a l'interior del tub.



**b. La diferencia de temperatura logarítmica ( $\Delta T_{\log}$ )**

Si fem els càlculs anteriors tenint en compte que la temperatura dins del intercanviador de calor no és la mateixa en tots els punts del seu interior usarem l'increment de temperatura logarítmica, el qual es calcula amb la següent fórmula:

$$\Delta T_{Log} = \frac{(T_{1e} - T_{2e}) - (T_{1s} - T_{2s})}{\ln\left(\frac{T_{1e} - T_{2e}}{T_{1s} - T_{2s}}\right)}$$

*Equació 12: Càlcul de l'increment de temperatura logarítmica*

Així obtenint com a resultats per a cada configuració:

$$\Delta T_{log \text{ en paral } \cdot \text{ lel}} = 35^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{log \text{ a contracorrent}} = 33^{\circ}\text{C}$$

I si substituïm aquest increment a l'equació per calcular el coeficient de transmissió de calor:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{Log}$$

*Equació 13: càlcul de la quantitat de calor bescanviada*

Per trobar aquest coeficient tindrem en compte les dades obtingudes en l'apartat anterior d'energia intercanviada i el valor de la temperatura logarítmica obtinguda. Les àrees internes i externes de dels tubs ens determinaran el coeficient global de transmissió de calor dels dos costats del tub.

U (W/m <sup>2</sup> ·K)	
<b>U0 PARAL-LEL</b>	-2275,77
<b>Ui Paral-lel</b>	2031,13
<b>U0 CONTRA</b>	-2782,04
<b>Ui Contracorrent</b>	2280,28

*Taula 17: Resultats obtinguts dels coeficients globals de transmissió de calor*

- 3. Comenta breument amb els resultats obtinguts, quina de les configuracions ens serà de major interès per a refredar un líquid calent que ens interessa tenir a menor temperatura i quina ens serà més útil per a escalfar un líquid fred?**

Observant els resultats obtinguts podem determinar que ambdós sistemes ens tindran la mateixa utilitat per tal de refredar un fluid calent, ja que la diferencia entre el coeficients global de transmissió de temperatura només es diferencia en un 12,62%, mentre que en el cas de que la nostra operació d'interès fos escalfar un fluid fred la configuració que més ens interessaria per a la nostra operació seria a contracorrent.

- 4. Posa 3 exemples de bescanviadors de calor que podem trobar al dia a dia.**

Tres exemples de bescanviadors de calor que podem trobar a la nostra vida diària són:

- Serpenti del refrigerador
- Radiador d'un automòbil
- Escalfador d'aigua de la cafetera o caldera d'escalfament d'aigua

- 5. Trobeu el cabal necessari per a les dues configuracions per que la temperatura de sortida del fluid calent surti a 30°C.**

Per tal de trobar aquest cabal hem tingut que fer una experiència de prova-error, per tal de poder observar el comportament de cadascuna de les configuracions, mantenint a 60°C la temperatura d'entrada del fluid usant el termòstat que hi ha inclòs a la planta pilot a escala de laboratori del intercanviador de calor de tubs concèntrics, modificant els cabals de cadascun dels fluids. Obtenint aquestes dades:

Temps (min)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C)	Aigua freda %	Aigua Calenta %
0	59	50	44	32	25	18	50	50
5	59	48	42	30	23	18	70	
10	59	46	40	28	22	18	90	
15	59	46	40	28	22	18		
20	59	46	40	28	22	18		
25	59	43	37	25	20	17		30
30	58	43	36	25	20	17		
35	58	44	36	25	20	17	10	10
40	57	39	30	20	19	17		
45	57	37	30	20	19	17		

Taula 18: Temperatures i percentatge d'obertura dels rotàmetres. Font: Pròpia

Tal i com podem observar la combinació de fluxos dels dos fluids que ens permet reduir la temperatura del fluid calent fins a 30°C, és la combinació de fer entrar l'aigua freda al 90% de la capacitat del circuit (88,2L/h) i el fluid calent al 10% del seu flux màxim (9,8 L/h) en la configuració de contracorrent.

Temps (min)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C)	Aigua freda %	Aigua Calenta %
0	59	44	38	17	22	24	90	30
5	57	43	37	17	20	20		15
10	57	43	36	17	20	20		
15	57	38	30	17	20	20	100	10
20	57	38	30	17	19	19		

Taula 19: Temperatures i percentatges d'obertures del rotàmetres a contracorrent. Font: Pròpia

Com podem observar la combinació per a la configuració en paral·lel es del 100% del circuit d'aigua freda (98L/h) el que vol dir tenir la vàlvula oberta al màxim, mentre que el fluid calent ha d'estar com a màxim al 10% de la seva capacitat (9,8L/h).

**Conclusions**

La pràctica realitzada és una simplificació de les pràctiques que es realitzen al grau d'enginyeria química a l'EPSEM, aquesta he buscat quins eren els càlculs a realitzar i s'han elegit els càlculs que hem considerat més adequats per als estudiants de batxillerat. Com que em trobo en la situació que hi ha certs conceptes per al que fa als intercanviadors de calor, que són desconeguts per els estudiants que cursen el batxillerat, s'ha mirat d'adaptar les explicacions de com i perquè es realitzen aquests càlculs, i quins són els conceptes bàsics a tenir en compte. Un exemple és el concepte de coeficient global de transmissió de calor, el qual ha estat introduït en aquesta pràctica.

Per al que fa a la valoració durant la realització de la pràctica, per part meua, he pogut veure que amb les explicacions donades com a material previ l'alumnat, mostra, que ha realitzat els tallers han estat capaços de seguir la pràctica i obtenir els resultats esperats que es demanaven.

#### 4.1.3- Sistemes d'agitació i eliminació de vòrtex en reactors

##### I. Informació per al docent

El temps necessari per a la realització d'aquesta pràctica es troba entre els 30 i els 45 minuts. Per al que fa al grau de dificultat és de les pràctiques que representen una menor dificultat de realització, cal anar amb compte amb el material emprat per veure la suspensió.

##### II. Fonament teòric

Els sistemes de mescla més utilitzats a la indústria química són els usats en els reactors de tanc agitat, aquests són dissenyats en funció del reactius i els productes a obtenir i sempre, tenint en compte les característiques físiques i químiques d'aquests.

Un dels principals problemes amb el que es troben els enginyers és el fet de que les mescles dins de les unitats de treball, anomenades reactors, es trobin homogeneïtzades, és per això que es dissenyen i s'apliquen sistemes d'agitació, a l'hora aquests s'han d'adaptar a les característiques del tanc i del fluït, per tal de mantenir el sistema en un règim adequat i sense la formació de vòrtex.

Un vòrtex és un flux giratori en forma espiral, aquest és un concepte matemàtic considerat a la mecànica de fluïts, i és aquell moviment que tendeix a girar al voltant d'un eix. Aquest fenomen fa que la mescla dins del tanc agitat no s'homogeneïtzi, és per això que hem de tenir en compte els diferents elements del tanc, com són el rodets de l'agitador, la potencia de gir d'aquest, el volum del tanc, la viscositat i densitat del fluït, el tipus de pales, els deflectors del tanc i l'aeració de la mescla.

Elements del tanc agitat:

- L'agitador:

Podem considerar diferents tipus d'agitadors, principalment diferenciarem els agitadors mecànics i agitadors magnètics

-Agitadors mecànics:

Normalment a petita escala no es solen usar per a homogeneïtzar, si no que s'usen en solucions de precipitació, en processos d'absorció, en reaccions exotèrmiques on la calor alliberada pot afectar als reactius i productes.

Aquest tipus d'agitació usa un motor mecànic per a transmetre energia en forma de moviment rotatori, i s'usa principalment a nivell industrial ja que és el mètode més fàcil i efectiu.

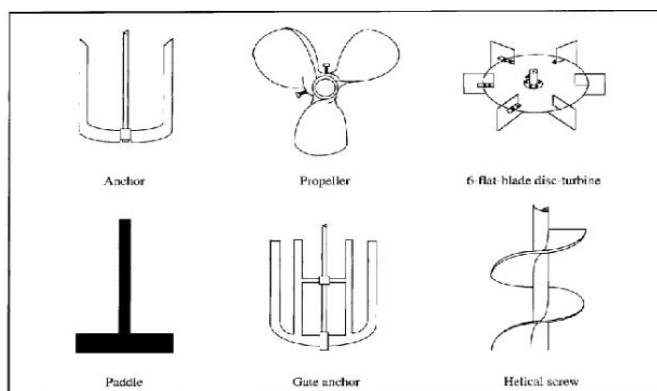
Tenim diferents tipus d'agitació mecànica, aquesta pot ser a partir d'agitadors de pales, orbitals, rotatius, de vibració, etc.

Un dels més utilitzats a nivell de laboratori químic és l'agitador orbital i el model anomenat de "wrist-shaker". La seva finalitat és mantenir una mescla agitada automàticament.

Un altre sistema d'agitació mecànica és a partir d'agitadors de rodets, aquests es diferencien segons el tipus de rodets que tenen en el seu extrem per a tal d'homogeneïtzar la mescla. Per seleccionar-ne el tipus s'ha de tenir en compte les característiques de densitat i viscositat. Dins d'aquest podem trobar (227):

Segons el tipus de mesclador podem considerar:

- **Mescladors de fluxos o corrents:** On s'introdueixen els materials per mitjà d'una bomba i es mesclen per contacte d'interferència entre fluxos (flux a contracorrent, creuat o en paral·lel ). Només són usats per a sistemes continus per a mescles completes de fluïts miscibles.
- **Mescladors de paletes o braços :** Consisteixen en una o varies pales horitzontals, verticals o inclinades unides a un eix horitzontalment, que gira axialment dins del reactor. Creant així una trajectòria circular per al fluït en qüestió.  
Dins d'aquesta categoria trobem els agitadors de braços rectes o pales i d'ancora.
- **Mescladors d'hèlix o helicoïdals:** proporcionen un sistema poc costós, senzill i compacte, en aquest trobem els rodets d'hèlix i els cargols helicoïdals. El disseny a triar en aquest casos ens dependrà del tipus de mescla a realitzar i de la seva densitat i viscositat.
- **Mescladors de turbines o d'impuls centrífug:** Consisteix en una o varies bombes centrífugues treballant en un recipient gairebé sense contrapressió, l'impulsor fa entrar el material axialment per una obertura central. La turbina pot portar unes paletes corbes per tal de modificar la trajectòria de tangencial a radials de les corrents creades dins del reactor.



Il·lustració 52: Tipus de rodets. Font: (60)

### **Agitador magnètic:**

És el més utilitzat, i es basa en la rotació d'un camp magnètic extern que indueix a girar un imant que es troba introduït en la solució de reacció. El camp magnètic és controlable per l'operador i ens serveix per controlar la velocitat de gir del mesclador. Per a aquest fi es posa una vareta amb un nucli magnètic, recoberta de tefló, polipropilè o vidre Pyrex. El més comú és la versió recoberta de tefló, material inert que evita la contaminació de la mescla. Aquestes varetes són anomenades nuclis magnètics, tenen diferents formes i mides per tal de d'adaptar-se a les necessitats de l'agitació, és a dir mida del matràs, qualitats del fluït, etc. Aquest tipus d'agitació tot i que molt útil a mitjana i petita escala perd la seva eficàcia a nivell industrial, i generalment a volums superiors d'un litre o en el cas de mescles molt viscoses.

### III. Informe de la pràctica

#### **Objectiu**

Mantenir en una mescla aquosa un seguit de partícules en suspensió, veient l'efecte d'aplicar major o menor potència d'agitació, l'ús de deflectors, moviment de l'eix de l'agitador.

Comprovar l'ús d'un agitador mecànic de pales modificant la seva posició, potència i col·locant, deflectors dins del recipient. Com a mètode d'observació situarem unes petites partícules no solubles amb coloració (polímer).

#### **Material**

- 1 Recipient d'agitació (Vas de precipitats d'2L)
- 1 Agitador magnètic
- 1 Agitador mecànic de pales
- Medi d'agitació (Aigua)
- Perles de polímer
- Plaques deflectores (regle de 10 cm)
- 1 Placa calefactora amb motor de gir

#### **Procediment**

##### *Primera experiència (Agitador mecànic amb eix centrat al vas de precipitats)*

Omplim el recipient d'agitació d'aigua (1,8L) i hi introduïm les perles de polímer, a continuació col·loquem, l'agitador axial centrat al vas de precipitats, i a continuació posarem en marxa l'agitador, augmentant-ne la potència de gir poc a poc i observant els diferents canvis produïts en el moviment d'aquest, per tal de determinar un flux laminar, un flux turbulent i el punt on passa l'un a l'altre a partir de l'observació del moviment de les partícules que hi hauran suspeses per acció del moviment del fluid.

Un cop determinat el canvi de règim seguirem augmentant la potència per tal de determinar el punt d'aparició de vòrtex, i comprovarem els efectes que té sobre les partícules suspeses. En el moment en que ens aparegui aquest fenomen introduïrem una barra deflectora per tal de comprovar la longitud necessària d'aquesta per eliminar-lo.



*Segona experiència (Agitador mecànic amb eix descentralitzat)*

Omplim el recipient d'agitació d'aigua (1,8L) i hi introduïm les perles de polímer, a continuació col·loquem l'agitador descentralitzat en el vas de precipitats, tenint cura de no tocar cap de les parets amb les pales quan aquest es posi en funcionament. A continuació posarem en marxa l'agitador, augmentant-ne la potència de gir poc a poc i observant els diferents canvis produïts en el moviment d'aquest, per tal de determinar un flux laminar, un flux turbulent i el punt on passa l'un a l'altre a partir de l'observació del moviment de les partícules que hi hauran suspeses per acció del moviment del fluid.

Un cop determinat el canvi de règim seguirem augmentant la potència per tal de determinar el punt d'aparició de vòrtex, i comprovarem els efectes que té sobre les partícules suspeses. En el moment en que ens aparegui aquest fenomen introduïrem una barra deflectora per tal de comprovar la longitud necessària d'aquesta per eliminar-lo.

*Tercera experiència (agitador magnètic)*

Omplim el recipient d'agitació d'aigua (1,8L) i hi introduïm les perles de polímer, a continuació col·loquem en el seu interior la vareta magnètica, que fa d'element d'agitació de la mescla tenint cura que no toqui cap de les parets laterals del recipient.

A continuació posarem en marxa l'agitador, augmentant-ne la potència de gir poc a poc i observant els diferents canvis produïts en el moviment d'aquest, per tal de determinar un flux laminar, un flux turbulent i el punt on passa l'un a l'altre a partir de l'observació del moviment de les partícules que hi hauran suspeses per acció del moviment del fluid.

Un cop determinat el canvi de règim seguirem augmentant la potència per tal de determinar el punt d'aparició de vòrtex, i comprovarem els efectes que té sobre les partícules suspeses. En el moment en que ens aparegui aquest fenomen introduïrem una barra deflectora per tal de comprovar la longitud necessària d'aquesta per eliminar-lo.



*Il·lustració 53: Fotografia on es pot veure un vòrtex creat per un agitador magnètic.  
Font: Pròpia*

**Recollida de dades**

La recollida de dades es farà amb una taula com la següent, on anotarem la velocitat de gir del agitador, si hi ha suspensió de les partícules de polímer introduïdes, si hi apareix vòrtex i la alçada necessària de placa deflectora per eliminar-lo.

Tipus d'agitador i posició: experiència 1 → Agitador de pales centrat al tanc			
Velocitat de gir (rpm)	Suspensió	Hi apareix vòrtex	Alçada de de flector per eliminar ell vòrtex (cm)
60	No	No	-
80	No	No	-
100	No	No	-
120	Si	Si	3
140	Si	Si	4
160	Si	Si	6
180	Si	Si	7
200	Si	Si	Error*

Taula 20: Dades recollides en la primera experiència de la pràctica d'agitació

\*La el regle mil·limetrat usat com a deflector en aquest punt arribava a alçada de les pales del agitador el que feia impossible de poder eliminar el vòrtex per complet.

Tipus d'agitador i posició: experiència 2 → Agitador de pales descentrat al tanc			
Velocitat de gir (rpm)	Suspensió	Hi apareix vòrtex	Alçada de de flector per eliminar ell vòrtex (cm)
60	No	No	-
80	No	No	-
100	Si	No	-
120	Si	No	-
140	Si	Si	3
160	Si	Si	5
180	Si	Si	8
200	Si	Si	Error*

Taula 21: Dades recollides en la segona experiència de la pràctica d'agitació

\*La el regle mil·limetrat usat com a deflector en aquest punt arribava a alçada de les pales del agitador el que feia impossible de poder eliminar el vòrtex per complet.

Tipus d'agitador i posició: experiència 3→Agitador magnètic			
Velocitat de gir (rpm)	Suspensió	Hi apareix vòrtex	Alçada de de flector per eliminar ell vòrtex (cm)
60	No	No	-
100	No	No	-
300	No	No	-
500	No	No	-
700	No	No	-
900	No	Si	1
1100	No	Si	3,5
1400	Si	Si	6
1600	Si	Si	8,5

Taula 22: Dades recollides en la tercera experiència de la pràctica d'agitació



Il·lustració 54: Alumnes realitzant la pràctica, en l'instant on observaven la longitud necessària de deflector per eliminar el vòrtex mantenint els sòlids en suspensió. Font: Pròpia

**Qüestions****1. En quin dels casos obtenim abans l'aparició de vòrtex?**

Amb l'agitador de pales centrat al tanc.

**2. En cas de que la mescla de components dins del tanc agitat fos amb reacció química quin dels tipus d'agitadors usaríem? Per què?**

Usaríem l'agitador magnètic degut a que al ser un imant recobert d'un material no porós està més ben preparat per a suportar algunes reaccions, a més a més aquest agitador ens permet obtenir una major velocitat d'agitació de la mescla fent així que les partícules tinguin un major temps de contacte amb el medi fet que ens aportaria una millor conversió per al que fa la reacció. Tot i així ens dependrà sobretot de la densitat i viscositat dels líquids a mesclar el fet de triar un o altre tipus d'agitació, sempre que ens moguem a escala de laboratori.

En el cas de tenir un agitador a escala indústria hauríem de fer un estudi de quin model de pales ens seria més eficaç, ja que l'agitador magnètic no ens seria útil pel fet que l'imant a usar com a agitador tindria unes mides que farien difícil el seu ús.

**3. En quin punt el regim de moviment del fluït fa que les partícules de plàstic es mantinguin en suspensió?**

En el cas de l'agitador de pales ens trobem que les partícules que hem deixat dins del tanc d'agitació es posen en suspensió a partir de les 120 rpm en el cas que l'agitador es trobi en punt central del tanc, 140 en una posició més propera a una de les parets del recipient que fa de tanc (vas de precipitats de 2L) i en el cas de l'agitador magnètic a partir de les 1400 rpm.

**Conclusions**

Amb aquesta experiència l'alumne ha pogut veure els efectes de dos dels diferents tipus d'agitadors que podem trobar a nivell de laboratori i ha pogut veure la importància que tenen dins de la indústria química.

Remarcar que aquesta és una de les pràctiques més ràpides de realitzar al laboratori, i que pot ser perfecte per a fer en una sessió on es compagini amb una de les pràctiques en les quals hi hagi un elevat temps d'espera a causa de reaccions lentes o que necessiten cert repòs per assolir temperatures determinades.

Alguns dels problemes sorgits en el disseny de la pràctica va ser el fet que l'agitador de pales usat és un dels agitadors que forma el floculador o agitador del test de gerres, fet que deixava poc marge per a la manipulació del deflector i en algun punt aquest tocava amb les pales, impedit així el poder eliminar de tot el vòrtex que es formava amb les velocitats de gir més elevades. Un altre dels inconvenients que es va haver de modificar van ser les partícules de polímer, ja que el primer cop que es va provar l'experiència es va usar unes perles de plàstic les quals suraven, les quals van ser substituïdes per unes altres que a l'hora tampoc van donar un bon resultat a causa que per el seu pes l'agitador era incapaç de que aquestes quedessin en suspensió. Finalment amb unes terceres perles de mida més petita a les de la segona (2mm de diàmetre) es van poder realitzar les experiències que s'han estudiat a la pràctica.

## 4.2- Processos de la indústria cosmètica

La majoria de productes de la indústria cosmètica són mescles, tot i que ens pugui semblar que un cert producte es tracti d'una sola substància en la majoria dels casos, aquest, està format per combinacions de nombroses matèries primeres, les quals es solen trobar en forma de minúscules partícules, els quals es mesclen meticulosament per tal d'obtenir els productes desitjats. La majoria d'aquests productes d'origen animal i vegetal s'obtenen a través d'operacions de separació dels components d'interès.

Una de les principals operacions de separació que podem veure en aquesta indústria és la destil·lació, la qual s'aplica principalment per obtenir compostos aromàtics o amb qualitats regeneratives. Aquesta operació usa els diferents punts d'ebullició per tal de separar components de compostos provinents de plantes i animals.(248)

#### 4.2.1- Extracció d'olis essencials de plantes aromàtiques per arrossegament amb vapor.

##### I. Indicacions per al docent.

Tot i l'interés d'aquesta pràctica, el temps de realització per a poder obtenir una extracció total de l'oli essencial present en la mostra orgànica fa que sigui una de les més llargues de realitzar, arribant a les 2 hores i 30 minuts el temps necessari per a la seva realització, més el temps necessari per a la posterior decantació de l'oli. Aquesta pràctica és una adaptació d'una practica realitzada a la *Escuela Superior Politécnica del Litoral (95)*. En aquest cas ens expliquen el procediment d'obtenció d'olis essencials de cítrics, en el cas que proposem s'han canviat les quantitats de matèria orgànica augmentant-les fins a 100g i substituint la pell dels cítrics per menta de la qual es disposaven dades de la quantitat d'oli que es pot extreure per quantitat de massa d'aquesta planta aromàtica i l'oli del qual és molt usat com a aditiu. (275)

##### II. Fonament teòric

La química és una ciència que intenta treballar sempre que l'hi és possible amb substàncies en el seu estat pur. Trobar aquestes en el estat natural és impossible ja que gairebé en la seva totalitat la natura ofereix compostos i mescles d'aquestes. Per a poder l'enginyeria ha dissenyat molts processos, entre els quals es troba la destil·lació.

Aquesta operació de separació treballa amb els diferents punts d'ebullició dels components d'un compost per tal de poder-los obtenir per separat. Tot i així aquestes tècniques compten amb limitacions a causa de les diferències de punts d'ebullició d'algunes substàncies són molt semblants, dificultant així l'extracció dels diferents components, o en el cas d'algunes substàncies d'origen orgànic ens podem trobar que es modifiquen les seves estructures a causa del trencament dels seus enllaços moleculars al superar certes temperatures.

Per entendre millor aquesta operació cal repassar la llei de Dalton de pressions parcials, la qual segueixen els vapors saturats de mescles immiscibles, la qual diu: quan dos o més gasos o vapors, els quals no reaccionen entre si, es barregen a temperatura constant, cada un d'aquests gasos fa la mateixa pressió que si estigues sol, i la suma de les pressions de cadascun d'ells és la pressió total del sistema.

Al destil·lar una mescla de dos líquids immiscibles, el seu punt d'ebullició vindrà donat per la pressió total del sistema, sent aquesta igual a la pressió atmosfèrica. Aquest fet provocarà que les temperatures d'ebullició dels components baixi. En el cas de la destil·lació per arrossegament de vapor d'aigua, si es treballa a pressió atmosfèrica, podrem separar amb

facilitat components amb punts d'ebullició superior als 100°C sense sobrepassar-los. Aquesta tècnica es sol usar quan el component d'interès compleix que és volàtil, té una baixa pressió de vapor, un punt d'ebullició elevat i és immiscible en aigua.

El cas dels olis essencials n'és un, aquests compostos orgànics formats per complexes mescles d'hidrocarbur, terpens, alcohols compostos carbònics, aldehids aromàtics i fenols es troben a les fulles, flors o pellofes d'algunes plantes. Aquests olis són de molt interès per a moltes de les indústries químiques com a components que aporten sabors i olors, principalment usats a la indústria cosmètica, farmacèutica i en els darrers anys s'han començat a usar per a la creació de biopesticides i bioherbicides .

Aquest tipus de destil·lació té dues variants, l'anomenada de contacte directe on el material està en contacte directe amb l'aigua generadora del vapor, aquesta variant és la més usada quan el producte a separar ens ve en fase líquida. I el mètode de contacte indirecte on el vapor d'aigua és generat en un calderí i és transportat fins a la mostra a extreure, evitant així en el màxim possible el contacte directe entre l'aigua líquida i compost que conté el nostre producte d'interès.

La elecció del mètode d'extracció de cada oli essencial, dependrà de l'estabilitat d'aquest en front de la calor i del la quantitat de matèria necessària per a la seva obtenció, així doncs és normal que per al que fa a aquest producte es parli de grans quantitats de matèria prima, fet que és rellevant per els preus que tenen aquests productes.

El cas que ens ocupa a continuació s'ha usat el mètode de contacte indirecte, per obtenir un oli essencial.



III. Informe de la pràctica**Objectius**

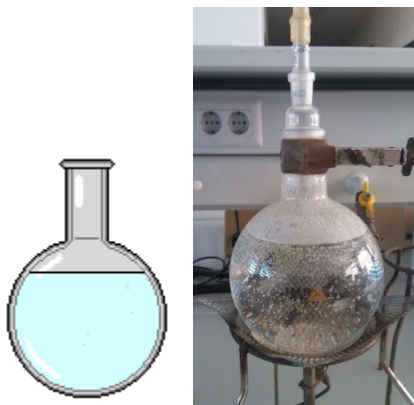
Estudiar la destil·lació simple per a un procés d'obtenció d'olis essencials d'una mostra vegetal amb l'ajut d'altres mètodes de separació. Separar l'oli essencial i quantificar-la en relació a una mostra de 100g de menta.

**Materials i reactius**

- Balança
- 2 Balons de 500 mL
- 1 Bunsen
- Èter etílic
- 1 Embut de decantació
- 1 Tub refrigerant
- 2 Vas de Precipitats
- 3 Suports i anelles
- 2 Taps
- 2 Matràs erlenmeyer
- Nou
- Tub de seguretat
- 2 Malla d'amiant
- Pinces
- Refrigerant (aigua)
- 1 Proveta de 10mL
- Mostra (menta)

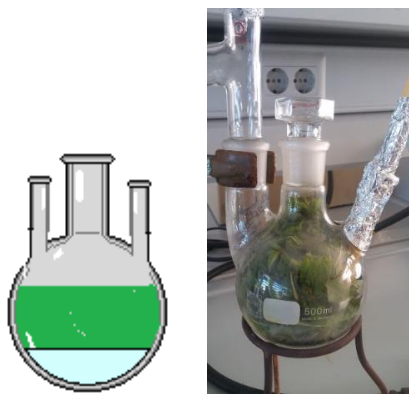
**Procediment**

S'introdueixen  $\frac{3}{4}$  parts de la capacitat del baló A i es col·loca el tap amb el tub inserit.



*Il·lustració 55: A l'esquerra un esquema del nivell d'aigua destil·lada dins del baló, a la dreta fotografia del baló d'evaporació durant un dels experiments. Font: Pròpia*

Pesar 100g de mostra i es col·loquen en el baló B, a continuació s'hi afegeixen 100ml d'aigua.



*Il·lustració 56: A l'esquerra l'esquema del baló on hi ha la matèria primera, a la dreta fotografia del mateix durant la destil·lació. Font: Pròpia*

Tapem el segon baló amb el tap que porta acoblat l'altre extrem del tub, que connecta al tub del refrigerant. Quedant el muntatge de la següent forma.



*Il·lustració 57: Muntatge complet de l'experiència. Font: Pròpia*

A continuació deixem fluir l'aigua pel tub refrigerant i engeguem el bunsen per escalfar el baló A. Deixem que la destil·lació es faci estant atents que l'aigua del baló A (on es produeix l'ebullició) no s'acabi del tot, moment en que donarem per completada la destil·lació.

Recollim el resultat de la destil·lació en un vas de precipitats.



*Il·lustració 58: Fotografia del vas de precipitats on es recull el resultat de la destil·lació. Font: Pròpia*

Podem veure com l'oli al tenir una densitat menor que l'aigua, queda suspès en una capa per sobre d'aquesta:



*Il·lustració 59: Esquema de la recollida d'oli essencial obtingut de la destil·lació, a la dreta podem veure com les gotes d'oli es dipositen sobre de l'aigua durant l'operació de destil·lació. Font: Pròpia*

A continuació s'introdueix el destil·lat en un embut de decantació i hi afegim èter i deixem decantar un mínim de 30 min. I traspassem a un matràs aforat, així evitant la mescla de les dues fases.

A continuació s'aplica el bany maria fins que s'observi que queda un líquid amb una alta viscositat, punt en el que considerarem completada l'extracció i concentració de l'oli essencial. I es passa a una proveta de 10mL.



*Il·lustració 60: Esquema de volumetria de l'oli essencial obtingut. Font: Pròpia*

Observem que el volum obtingut d'oli essencial de menta es troba entre 1 i 2mL, sense acabar d'arribar als 2 mL. Si els comparem amb les dades que teníem de l'estudi fet a la *Universidad Católica de Loja(Ecuador)*, veiem que van obtenir que per cada 100g de mostra de menta usada obtenien 1,15g d'oli essencial de menta, si avaluem amb la densitat d'aquest oli essencial ( $\rho_{\text{oli essencial de menta}} \approx 0,9\text{g/mL}$ ):

$$100\text{g de menta} \cdot \frac{1,15\text{g d'oli essencial}}{100\text{g de menta}} \cdot \frac{1\text{mL}}{0,9\text{g d'oli essencial}} = 1,28\text{ mL}$$

*Equació 14: Factor de conversió usat per trobar el valor teòric d'oli essencial a extreure per cada 100g de menta*

**Qüestions****1. Quin és el fluid que transmet l'energia necessària per tal de destil·lar l'oli essencial de la matèria primera seleccionada?**

El fluid el qual transmet l'energia necessària per a l'extracció de l'oli és el vapor, el qual prové de l'aigua que es troba en el primer dels balons i es canalitzat cap al segon, on en forma de vapor es introduït directament en la mostra sòlida, aquest arrossega amb ell l'oli present a la mostra sòlida, a continuació es fa recircular cap al condensador, en el qual es genera un intercanvi d'energia entre el fluid refrigerant que passa per el serpenti i condensa, dipositant-se en el vas de precipitats.

**2. Quin és el principal ús del mètode usat ,destil·lació per arrossegament amb vapor, en quina indústria s'usa el producte obtingut? Enumereu 5 productes en els que podem trobar olis essencials.**

L'arrossegament amb corrent de vapor fa possible la purificació o l'aïllament de compostos de punt d'ebullició elevat mitjançant una destil·lació a temperatura inferior als 100 °C aquesta tècnica de destil·lació és molt útil per a extreure substàncies que es descomponen abans o en arribar al seu punt d'ebullició.

El seu principal ús és en l'extracció de molècules orgàniques, com és el cas dels olis essencials. La principal indústria que es beneficia d'aquesta tècnica és la indústria cosmètica, farmacèutica, alimentària, tabac, i com a biocides i insecticides.

- Cremes cosmètiques
- Cigarrets mentolats
- Perfumeria
- Laminadures
- Olors i aditius alimentaris per a pastisseria

**3. Què és un oli essencial?**

Els olis essencials són uns compostos formats per diferents substàncies orgàniques volàtils, les quals poden ser alcohols, acetones, cetones, èters i aldehids. Els quals es troben principalment als canals secretors de les plantes.

Aquests solen ser líquids a temperatura ambient, i són els responsables de l'olor de les plantes.

- 4. A partir del valor teòric d'oli essencial extret de la menta, calcula la desviació obtinguda amb l'experiència realitzada.**

$$\text{Desviació obtinguda \%} = \frac{1,28\text{mL} - 1\text{mL d'oli essencial}}{1,28\text{mL de menta}} \cdot 100 = 21,88\%$$

Aquesta desviació tot i que és molt elevada hem de tenir en compte que ve donada per la incertesa que ens dona els aparells de mesura emprats per determinar el volum. Ja que el volum obtingut en aquesta experiència per la massa usada és molt reduït.

### **Conclusions**

En aquesta experiència es treballa el concepte d'extracció, els alumnes poden veure un model diferent de destil·lació al que s'ensenya a les practiques de laboratori que alguns centres duen a terme dins del currículum de química del batxillerat, com és la destil·lació per arrossegament de vapor. Serveix també per a introduir o repassar el concepte de la llei de Dalton, la qual es passa molt per sobre en el temari de batxillerat, tant sols treballada en l'apartat d'estudi de gasos que es dona dins del currículum de primer curs de batxillerat.

L'experiència en si possiblement és de les més llargues per al que fa al procés experimental, degut a que la destil·lació en si és un procés lent tal i com hem mostrat en els tempos inclosos en l'apartat de *Informació per al docent* d'aquesta pràctica (pàgina 117) .

La experiència va ser dissenyada per a tal d'extreure oli essencial de canyella en el seu primer moment, tot i així després de realitzar-la un cop al laboratori s'ha buscat una altre matèria primera a causa del cost que suposa la canyella i la quantitat d'essència que es pot extreure, posteriorment també es van fer proves amb roses, tot i que van ser descartades per el mateix motiu. Finalment s'ha optat per l'extracció d'oli essencial de menta, a causa de que el cost d'aquesta és molt inferior a la de les altres dues mostres vegetals amb les que es va fer l'experiència, a l'hora que es va obtenir uns resultats molt més interessants que amb les dues experiències anteriors.

Remarcar que el residu líquid que ens queda de la destil·lació pot ser reutilitzat i en el cas de la indústria cosmètica, concretament en la perfumeria, aquest subproducte s'usa per tal de realitzar el que s'anomenen aigua d'essència, les quals conformen una altre gamma de productes dins d'aquest sector.

#### 4.2.2- Preparació d'una emulsió per a cremes hidratants.

##### I. Indicacions per al docent.

És una de les pràctiques més ràpides de realitzar, entre 30 i 45 minuts l'alumne la pot haber realitzat. El seu grau de dificultat no és gaire elevat i com a punt positiu l'alumne es pot endur una mostra de la crema realitzada amb aquest procés a casa.

##### II. Fonament teòric

Alguns líquids a causa de les seves característiques són el que anomenem immiscibles, la indústria cosmètica es troba en aquest cas on moltes de les matèries primeres, com són els olis essencials, són immiscibles en el que anomenem dissolvent universal, el qual és el principal líquid usat a la indústria, és a dir l'aigua.

Aquesta característica ve donada per la polaritat de la molècula d'aigua, fet que fa que la majoria de compostos orgànics, siguin immiscibles en aquest dissolvent. Això és degut a que la estructura dels lípids la qual dona una característica hidrofòbica a aquestes substàncies. Per tal de poder-los mesclar i així obtenir la gran majoria de productes cosmètics en forma de crema, aquesta mescla d'aigua amb productes "oliosos" és el que anomenem *emulsions*.

Aquest tipus de mescla anomenada emulsió consisteix en obtenir la barreja de dos líquids immiscibles com és el cas de l'oli i l'aigua. Això s'aconsegueix aplicant a la mescla dels dos líquids immiscibles un producte tensioactiu, com són els sabons, i altres productes. Aquest redueix la tensió superficial de les micel·les o petites gotes creades per les característiques hidrofòbiques de l'oli al mesclar-lo amb aigua, en el cas d'usar aquests productes a la mescla, anomenats *emulgents*, s'estabilitza l'emulsió, és a dir, aconseguim que les dues fases que fins al moment eren immiscibles es puguin mesclar entre elles i no retornin a les dues fases separades que es tenia en un inici.

Podem tenir dos tipologies d'emulsions oleo-aquoses o aquo-olioses, depenent de les proporcions d'un i altre component. Aquestes tipologies de emulsions seran decisives a l'hora de triar el emulgent adequat.

Una de les característiques per les que es poden diferenciar aquestes dues tipologies de emulsions és la seva viscositat. Així doncs les cremes oleo-aquoses suposen les cremes menys viscloses com són el cas de les anomenades "llets cosmètiques" mentre que les aquo-olioses solen tenir una major viscositat.



Per al que fa a la seva elaboració al laboratori cal destacar que la seva formulació ve donada segons la separació en fase oliosa i la fase aquosa, remarcant els percentatges de cadascuna d'elles i especificant la proporció dels diferents components que la conformen.

A la següent experiència fabricarem una crema olio-aquosa a partir d'olis, i aigua usant un emulgent orgànic.

### III. Informe de la pràctica

#### **Objectiu**

Comprovar l'efecte dels emulgents per ajuntar dues fases immiscibles, creant una crema hidratant i calcular els reactius necessaris per a obtenir-ne un volum d' $1\text{m}^3$ .

#### **Reactius**

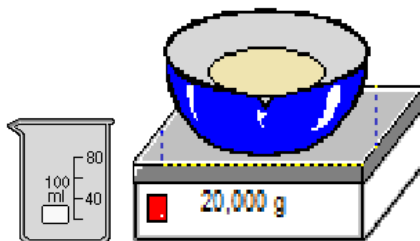
- Aigua destil·lada
- Oli d'ametlla
- Lectina de soja (Emulgent)
- Colorant alimentari
- Oli de gira-sol

#### **Material**

- Vas de precipitats de 250ml
- Bany d'aigua
- Vareta de vidre
- Vas de precipitats de 100 ml
- Vidre de rellotge
- Balança
- Morter
- Matràs aforat de 100 ml
- Matràs aforat de 50 ml
- Pipeta de 10 ml
- Comptagotes
- Espàtula
- Pipetejador

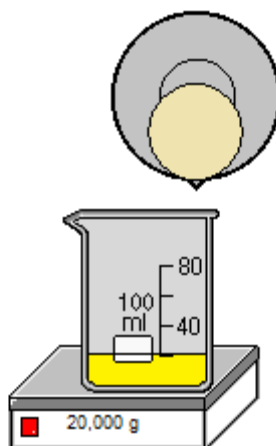
**Procediment**

1. Mesurar 20g de lectina de soja i passar-los per el morter fins a obtenir una pols fina. A continuació es dipositen en un vas de precipitats.



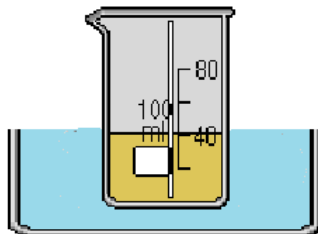
*Il·lustració 61: Esquema de la mesura de la massa necessària de lectina de soja. Font: Pròpia*

2. Mesurarem 20g d'oli de gira-sol i els mesclarem amb els 20g de lectina de soja en un vas de precipitats.



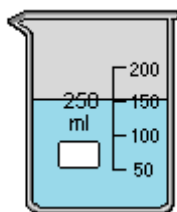
*Il·lustració 62: Aboquem la lectina després de passar-la pel morter Font: Pròpia.*

3. Posarem el vas de precipitats en un bany d'aigua calenta i mesclarem fins a tenir una mescla homogènia d'alta densitat.



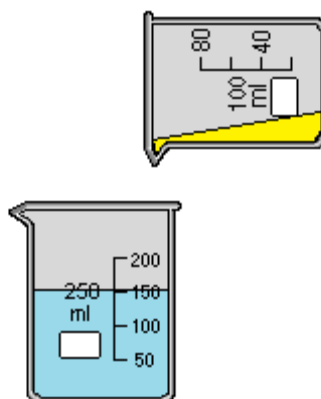
*Il·lustració 63: mesblem l'oli de gira-sol i la lectina en un bany d'aigua calenta. Font: Pròpia*

4. A continuació afegirem 150 ml d'aigua destil·lada a un vas de precipitats de 250 ml



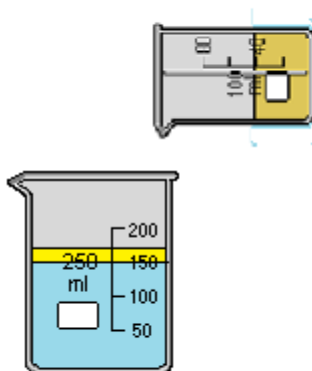
*Il·lustració 64: Vas de precipitats amb 150mL d'aigua destil·lada. Font: Pròpia*

5. Pesarem 20 mg d'oli d'ametlles i els afegirem al vas de precipitats amb l'aigua destil·lada, podrem observar com es mostren dues fases completament immiscibles.



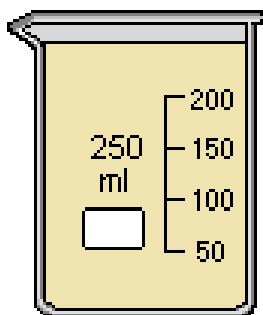
*Il·lustració 65: Aboquem l'oli d'ametlles al vas de precipitats amb aigua, podem veure com es formen dos capes ben diferenciades. Font: Pròpia*

6. A continuació afegirem l'emulgent preparat anteriorment, mentre es va agitant la mescla d'aigua i oli, fins a obtenir la viscositat i densitat desitjades per a la crema.



*Il·lustració 66: Mesclem l'emulgent fet amb la lectina de soja i l'oli de gira-sol per tal de poder mesclar els dos líquids immiscibles. Font: Pròpia*

7. Finalment es pot afegir una mica de colorant per donar color a aquesta.



*Il·lustració 67: Esquema i fotografia del producte resultant del procés fet al laboratori. Font: Pròpia*

**Qüestions****1. Quina és la causa que es formin les dues fases al barrejar l'aigua i l'oli?**

És degut a la característica polar de la molècula d'H<sub>2</sub>O, mentre que l'oli és un compost orgànic el qual les seves molècules es comporten de forma que anomenem apolar. Aquest fet fa que ambdós líquids es comportin per al que és coneix per immiscibles, de tal forma que no es poden barrejar per si sols ja que al mesclar-los l'oli forma petites gotes (o micel·les) les quals un cop parem l'agitació es tornen ajuntar en una fase separada a la de l'aigua. Aquesta característica d'alguns líquids, la qual impedeix la seva mescla, els classifica com a líquids hidrofòbics.

**2. Per a que ens serveixen els emulgents:**

Els emulgents són uns compostos tensioactius, els quals tenen una estructura afí als lípids i una altre afí a l'aigua. Aquesta característica fa que al mesclar-los en solucions d'aigua i lípids (com és l'oli), aquests redueixin les tensions superficials creades entre aquestes dues fases, aconseguint que aquests dos líquids en un principi immiscibles puguin mesclar-se per tal de poder formar el que anomenem una emulsió.

**3. Busqueu tres emulsions que podem trobar a les nostres llars.**

*Cremes cosmètiques*, són el cas que hem tractat en aquesta pràctica i una de les emulsions més comunes a les nostres llars.

*Maionesa*, aquesta emulsió alimentaria es dona a causa de que el rovell d'ou té un alt contingut de lectina, el qual és un emulgent d'origen natural.

*Llet*, aquest líquid tot i que a simple vista ens pot semblar homogeni consisteix en una emulsió, on els greixos es troben dispersos dins del líquid fent així que a ull nu únicament podem veure-hi una única fase.

- 4. Despres de realitzar l'experiencia determina el volum de reactius necessari per realitzar el mateix producte a un volum d'un metre cúbic.**

$$\text{massa d'oli necessari} = \frac{20 \text{ g oli}}{250 \text{ ml emulsió}} \cdot \frac{1000 \text{ ml d'emulsió}}{1 \text{ l}} \cdot \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = \frac{80 \text{ kg d'oli}}{\text{m}^3 \text{ d'emulsió}}$$

$$\text{massa de lectina de soja necessaria} = \frac{20 \text{ g de lectina de soja}}{250 \text{ ml emulsió}} \cdot \frac{1000 \text{ ml d'emulsió}}{1 \text{ l}} \cdot \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = \frac{80 \text{ kg de lectina de soja}}{\text{m}^3 \text{ d'emulsió}}$$

$$\text{Volum d'aigua necessaria} = \frac{150 \text{ ml d'aigua}}{250 \text{ ml emulsió}} \cdot \frac{1000 \text{ ml d'emulsió}}{1 \text{ l}} \cdot \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = \frac{600 \text{ l d'aigua}}{\text{m}^3 \text{ d'emulsió}}$$

*Equació 15: Càlcul dels volums necessaris per a la producció d'un metre cúbic d'emulsió.*

### ***Conclusions***

En aquesta experiència l'alumne pot comprovar com es genera una crema cosmètica, i així comprovar la utilitat dels emulgentes, per tal d'ajuntar líquids immiscibles entre ells a partir de la seva mescla proporcional.

La emulsió generada en aquest cas és del tipus olí-aquosa, ja que la base principal de la mescla, és a dir la fase que es troba en major proporció és l'aigua. L'emulgent usat és la lectina de soja, un complement alimentari usat per a la reducció del colesterol. Aquest el podem trobar en gra gran, és per això que cal reduir-ne la mida a partir de passar-lo per el morter i així aconseguir una millor mescla a l'hora de preparar la solució emulgent.

Podem determinar que aquesta és possiblement la pràctica amb menor dificultat a causa que no s'ha de fer cap càlcul previ, degut a que es segueix unes indicacions molt especificades per a realitzar l'emulsió. Per contraposició aquesta pràctica permet que l'alumne es pugui endur una mostra de la crema generada a casa, fet que dona més valor a la feina feta.

Els materials usats per a fer aquesta pràctica són d'ús quotidià, i no massa cars per al que fa d'aquesta experiència senzilla i a l'hora econòmica per al que fa a la seva realització. El darrer pas de coloració es pot fer amb colorants alimentaris els quals podem trobar a qualsevol gran superfície o botiga d'alimentació.



### 4.3- Processos de la indústria farmacèutica

La investigació farmacèutica és un dels factors que ha seguit més a la par el desenvolupament de la humanitat, tot i que històricament sempre ha estat renyida amb les corrents eclesiàstiques, per motius ja siguin morals o de creences, s'ha d'especificar que és gràcies a les millores aportades per els estudis farmacèutics de com combatre certes patologies el que ha permès a la humanitat allargar la seva esperança i qualitat de vida.

En els darrers anys aquest tipus d'investigació ha estat fortament criticada a causa de rumors i especulacions sobre les contradiccions de la seva investigació en matèria de transgènics i pels enormes beneficis que obté anualment aquesta indústria, la qual menysté gran part de les malalties que afecten al tercer món.

Per fer-nos una idea de la magnitud d'aquest camp, només fa falta que observem el consum dels principals països del món, per exemple, Estats Units gasta anualment prop del 1% del seu PIB en productes de la indústria farmacèutica, països asiàtics com Japó inverteix a prop del 1,5% del seu PIB, i la mitjana dels països de la Unió Europea en despesa en productes farmacèutics és del 1,3% del seu PIB, el que en dades absolutes són aproximadament 23.000 milions d'euros. (Dades de *OECD-Health Data*).

Més del 95% dels fàrmacs dels que disposem actualment han estat possibles gràcies a la investigació i desenvolupament en aquest camp de la química. S'ha de tenir en compte el ràpid creixement d'aquesta indústria des dels darrers 20 anys, i tenint en compte que la proliferació de fàrmacs cada cop més específics ha anat a la baixa en aquest període de temps a causa de l'augment de les exigències marcades per les empreses reguladores del sector. Aquest fet unit a que el període entre que s'inicia la investigació fins que surt el fàrmac a la venda es compta que és de mitjana d'entre 10 i 12 anys fa que ens adonem de la importància que ha agafat aquest sector en els darrers anys.(297)

Com podem veure aquesta indústria tracta una gran quantitat de productes molt especificats, tot i la necessitat d'aquesta la població manté un cert recel per al que fa a la indústria farmacèutica per consideracions ètiques, ja que tot i els grans avenços i beneficis que aquesta rep a dia d'avui es segueix encarant bàsicament a la solució dels problemes del primer món o de les zones amb major poder econòmic mundial, deixant de banda els problemes que no afecten aquesta part de la població.

#### 4.3.1- Cristal·lització, purificació i creació de comprimits d'àcid acetilsalicílic.

##### I. Informació per al docent

És una de les pràctiques amb més interès, ja que tracta tot el procés des de la generació del producte d'interès fins a la preparació del producte comercial que coneix l'alumne. EL seu temps de realització però necessita de dues jornades, degut a la necessitat d'obtenir un producte completament sec. La primera jornada consistirà en la generació del producte i s'estipula un temps necessari per fer la primera part de l'experiència de 45 minuts. La segona part de l'experiència serà realitzada després d'un mínim de 24 hores, on un cop obtingut el producte sec, es passarà a la seva valoració de puresa i creació del comprimit, el temps necessari per a la segona part és d'entre 30 i 45 minuts.

##### II. Fonament teòric

Alguns dels processos de fabricació de components per a la indústria farmacèutica, es duen a terme a partir de reaccions entre espècies químiques, moltes de les quals de tipologia orgànica. Aquestes però a vegades tendeixen a fer-se amb un baix rendiment de la reacció i és per això que s'hi addicionen alguns àcids forts per tal de desplaçar la reacció, obtenint així un millor rendiment d'aquesta i a l'hora accelerar-la. Aquests compostos que s'usen amb aquesta finalitat s'anomenen *catalitzadors*.

En el cas de l'obtenció d'àcid acetilsalicílic el catalitzador emprat en la reacció és l'àcid sulfúric i en alguns casos l'àcid fosfòric.

L'obtenció dels cristalls, i el procés a observar i estudiar en aquesta pràctica és la cristal·lització de la solució obtinguda en la reacció, per tal de poder-ne precipitar i separar els cristalls obtinguts, què són el nostre producte d'interès.

L'altre operació a estudiar serà la filtració al buit i el dessecament de la mostra obtinguda per al seu posterior anàlisi.

### *Cristal·lització*

És un procés de purificació de compostos sòlids que es basa en la formació d'un sòlid cristal·lí a partir del producte fos o d'una dissolució. On els cristalls s'obtenen a partir de refredar la dissolució saturada en calent del compost sòlid en un solvent adequat, o escalfant per tal d'evaporar part del dissolvent.

El solvent o barreja d'aquests es decidirà segons les característiques del sòlid per al que fa a solubilitat i impureses.

Així doncs per a dur a terme aquest procés de purificació cal trobar un solvent en el qual el sòlid a obtenir sigui, insoluble a temperatura ambient i la seva solubilitat augmenti al escalfar-lo.

Segons les necessitats del producte final ens podem trobar amb que la puresa del cristall obtingut no sigui suficient es parla de segones cristal·litzacions o recrystal·litzacions usant com a solut el cristall obtingut anteriorment, i així seguir eliminant-ne impureses.

Aquesta operació de recrystal·lització és sol dur a terme a la indústria farmacèutica a qual té una demanda de productes de molt alta puresa per a la elaboració dels seus productes de consum.

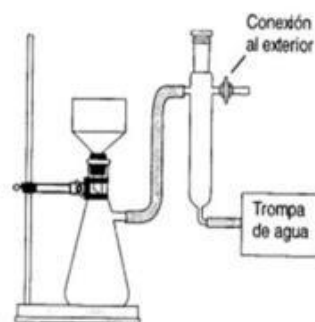
### *Filtració al Buit*

És una tècnica de separació sòlid-líquid, aquesta operació de separació es basa en la separació de partícules sòlides per un material porós, anomenat filtre, on la mescla és abocada.

En aquest cas la separació es veu afectada per una força impulsora generada per la pressió atmosfèrica, a causa de la creació del buit dins del recipient on, es recull el líquid de la dissolució.

Aquest procés ens és d'utilitat per a recuperar sòlids, ja que ens ofereix per a una determinada superfície de filtració, una major velocitat de separació. Un clar exemple n'és l'extracció del dessecant d'una dissolució orgànica. Cas en el que cal assegurar que el sistema de buit no succioni part del filtrat o faciliti l'evaporació del dissolvent durant el procés.

El sistema de filtració al buit més comú a escala de laboratori, és amb l'ús del embut Kitasato, amb paper de filtre i un embut de Büchner, tot connectat per una manega a una bomba de succió o trompa d'aigua la qual s'encarrega de fer el buit dins del dipòsit.



*Il·lustració 68- Esquema del muntatge de la filtració al buit. Font: Roa, M  
<https://prezi.com/hanxkumk0zjj/filtracion-al-vacio/>*

Es disposarà del paper de filtre de tal forma que cobreixi l'embut de Büchner en la seva totalitat, i es col·locarà al coll del Kitasato amb l'ajuda d'una junta de cautxú, i es connecta al sistema de buit. A continuació s'hi aboca la suspensió a filtrar per separar al màxim possible el cristall del dissolvent.

### *Dessecació*

És l'operació necessària per a tal d'extreure l'aigua sobrant del precipitat obtingut, es du a terme en els anomenats dessecadors de buit, amb l'ajuda d'agents dessecants, els quals absorbeixen la humitat del sòlid.



*Il·lustració 69: Fotografia d'un dessecador. Font: (177)*

### *Aparell de Buchi*

Aquest aparell ens permet escalfar un cristall de forma homogènia, a l'hora que ens mostra la temperatura exacta al que l'estem sometent. Ens serveix per determinar punts de fusió i ebullició a partir de l'observació de la mostra cristal·lina en un tub capil·lar, el qual observem per una finestra amb efecte de lupa. Aquest mètode ens és molt útil per determinar pureses de compostos obtinguts al laboratori fent-ne la comparació amb les seves temperatures de ebullició i fusió característiques del compost pur.



*Il·lustració 70: Aparell de Buchi. Font: Pròpia*

### III. Informe de la pràctica

#### **Objectiu**

Obtenir el compost àcid acetil salicílic a partir de la reacció de l'àcid salicílic i l'obtenció del seu comprimit.

#### **Materials i reactius**

- Àcid salicílic (99,5%; MM=138,12g/mol)
- Anhídrid Acètic (MM=102,09 g/mol ;  $\rho = 1,08\text{g/cm}^3$ )
- Àcid sulfúric (97% ; MM=98,08g/mol ;  $\rho = 1,84\text{g/cm}^3$ )
- Aigua destil·lada
- 1 Matràs Erlenmeyer
- Balança
- Paper de filtre
- Pipetes
- Embuts
- 1 Termòmetre
- Cristal·litzador
- Gel
- Dessecador
- 1 Kitasato
- 1 Embut de Büchner
- Aparell de Buchi
- Capil·lars de vidre

**Procediment**

- 1- En un matràs erlenmeyer de 250 ml, s'hi aboca 5 g d'àcid salicílic, 10g d'anhidrid acètic i 2 ml d'àcid sulfúric concentrat

Com que l'anhidrid acètic ens ve en estat líquid a temperatura ambient s'ha de calcular l'equivalència en volum de 10g d'aquest compost tenint en compte la seva puresa, en aquest cas es pot veure que el reactiu usat és etiquetat com a puríssim (99% de puresa):

$$10g \text{ d'anhidrid acètic} \cdot \frac{100g \text{ d'anhidrid acètic pur}}{99g \text{ d'anhidrid acètic}} \cdot \frac{1cm^3}{1,08g \text{ d'anhidrid acètic}} = 9,35cm^3$$

*Equació 16: Càlcul del volum equivalent a 10g d'anhidrid acètic*

Com que el  $cm^3$  és equivalent al ml s'ha d'addicionar 9,35 ml al vas de precipitats.

També s'ha de tenir en compte la puresa de l'àcid salicílic, el qual ens ve en format sòlid:

$$5g \text{ d'àcid salicílic} \cdot \frac{100g \text{ de producte}}{99,5g \text{ d'àcid salicílic}} = 5,02g \text{ de producte comercial}$$

*Equació 17: Rectificació de la massa a addicionar d'àcid salicílic amb la puresa.*

A continuació s'addiciona el sòlid mesurat en el mateix vas de precipitats.

- 2- Agitem la mescla suaument, amb cura ja que és una reacció exotèrmica la qual pot augmentar fins als 70-80°C, i ens esperem que la mescla de sals s'hagi dissolt en la seva totalitat. La reacció exotèrmica mantindrà la temperatura de la solució per sobre dels 70 °C durant uns minuts. Esperar que la mescla es refredi per poder manipular el matràs amb seguretat. Aquest pas s'ha de dur a terme a la campana de gasos amb l'extractor engegat.
- 3- Després de 15 min de deixar refredar fins a 30°C, observarem que la mescla de l'interior del matràs és cristal·litza en funció de la disminució de la temperatura, fins a l'obtenció d'una massa gairebé sòlida.

- 4- Afegim 150 ml d'aigua a temperatura ambient (20°C), i s'agita fins a suspendre els cristalls i es recullen per filtració al buit en un embut de Kitasato i recollim el precipitat sobre un paper de filtre.

Per a fer el filtre cal agafar un full de paper de filtre i marcar el diàmetre exterior del embut Kitasato, a continuació es col·loca en el seu interior per tal de que quedi perfectament acoblat al fons del embut.

Pesar el filtre amb el paper i sense aquest.

$$\text{Massa embut de Büchner amb goma i filtre} = 252,78g$$

$$\text{Massa embut de Büchner amb goma, filtre i sòlid filtrat previ al assecat} = 272,37g$$

- 5- Es col·loca l'embut de Büchner al dessecador i a continuació es deixa reposar el sòlid fins a pesada constant, pot tardar més de 24h . Finalment mesurarem la seva massa fins a pesada constant.



Il·lustració 71:imatge del sòlid recollit amb la filtració al buit sobre el paper de filtre. Font: Pròpia

$$\text{Massa embut de Büchner amb goma, filtre i sòlid filtrat sec} = 267,65g$$

$$\text{Massa d'àcid acetil salicílic obtinguda} = 267,65g - 252,53g = 15,12g$$

Equació 18: Càlcul de la massa de compost obtingut

- 6- Un cop dessecat , comprovarem la seva puresa a partir de la comprovació del punt de fusió del cristall, agafant-ne una mostra amb l'aparell de Buchi, la diferencia de temperatura de fusió teòrica del compost (135°C) i l'obtinguda amb l'aparell de Buchi, ens donarà com a resultat la puresa del compost obtingut experimentalment. Per fer-ho usarem la següent fórmula:

$$\% \text{ de puresa} = \left( 1 - \frac{T_{\text{fusió teòrica}} - T_{\text{fusió obtinguda}}}{T_{\text{fusió teòrica}}} \right) \cdot 100$$

*Equació 19: Càlcul de la pures del cristall obtingut de la reacció*

Per a fer aquesta mesura necessitarem un capil·lar de vidre en el qual col·locarem la mostra de cristall obtingut per filtració ja assecat, i el col·locarem al orifici superior del aparell, a partir de la finestra que té aquest observarem el comportament del nostre compost orgànic tal com va augmentant-ne la temperatura. Cal estar molt alerta, ja que el canvi d'estat es dona gairebé instantàniament i cal prendre mesura de la temperatura exacte de fusió:

$$T_{\text{fusió obtinguda}} = 128,7^{\circ}\text{C}$$



*Il·lustració 72: Aparell de Buchi. Font: Pròpia*



Per tant usant l'equació anterior podem determinar que la puresa del compost que hem cristal·litzat és de:

$$\% \text{ de puresa} = \left(1 - \frac{135^{\circ}\text{C} - 128,7^{\circ}\text{C}}{135^{\circ}\text{C}}\right) \cdot 100 = 95,5\%$$

*Equació 20: Resultat del càlcul de la puresa a partir de la temperatura de fusió*

- 7- Un cop obtingut aquest cristall i comprovada la seva puresa, n'agafarem 0,5g de cristalls i farem una mescla sòlida amb mido. A continuació i amb l'ús d'un motlle i la premsa, és crea el comprimit que coneixem com a aspirina<sup>®</sup> que ven la casa Bayern.

Com que els comprimits comercials coneguts com a aspirina<sup>®</sup> (29) contenen 0,5g d'àcid acetil salicílic, mesurarem aquesta quantitat de compost tenint en compte la puresa del compost que hem cristal·litzat, que obtenim a partir de la diferencia de la temperatura teòrica de fusió del compost i de la temperatura de fusió experimental:

$$0,500\text{g} \cdot \frac{100\text{g de compost}}{95,5 \text{ g d'àcid acetil salicílic}} = 0,524\text{g}$$

*Equació 21: Càlcul de la massa continguda en un comprimit d'àcid acetilsalicílic, tenint en compte la seva puresa*



*Il·lustració 73: mesura de la massa necessària per al premsat del comprimit d'àcid acetil salicílic. Font: Pròpia.*

La diferencia entre la massa del comprimit de la casa BAYER® i la quantitat d'àcid acetil salicílic equivalent a 0,500g de compost pur l'addicionarem de midó (Maicena®).

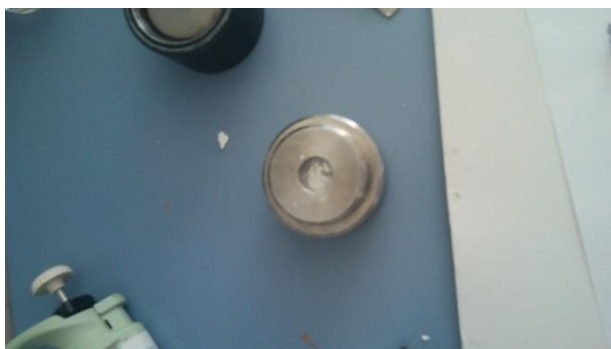


*Il·lustració 74: mesura del pes d'un comprimit d'àcid acetil salicílic de la casa Bayer. Font: Pròpia*

$$\begin{aligned} & \text{Massa de midó a addicionar} \\ &= \text{pes del comprimit} - \text{massa equivalent a 0,500g de compost pur} = \\ &= 0,650 \text{ g} - 0,525 \text{ g} = 0,125 \text{ g de midó} \end{aligned}$$

*Equació 22: Càlcul de la massa de l'excipient necessària*

A continuació passem la barreja de sòlids al motlle i el premsem, per tal de que quedi en forma de comprimit.

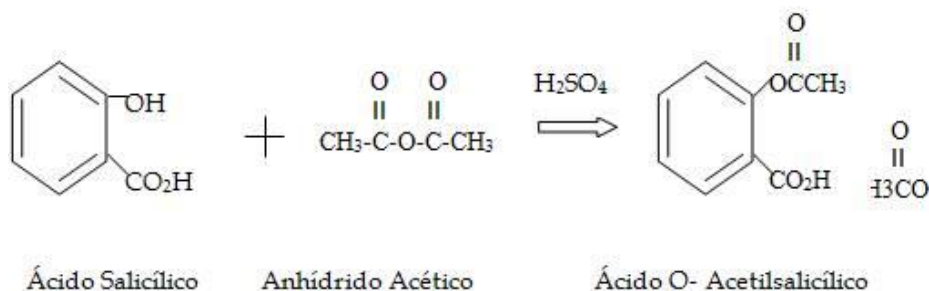


*Il·lustració 75: Motlle de premsa per fer el comprimit o pastilla. Font: Pròpia*

Amb compte extraiem el comprimit del motlle.



*Il·lustració 76: Comprimit d'àcid acetil salicilic obtingut. Font: Pròpia*

**Qüestions****1.- Busqueu la reacció de L'àcid salicílic amb l'anhidrid acètic:**

*Il·lustració 77:reacció de formació de l'àcid acetil salicílic. Font:(79)*

**2.-Quina és la temperatura de fusió dels cristalls obtinguts, en comparació amb la temperatura de fusió teòrica de l'àcid acetil salicílic és major o menor? A que és deguda aquesta diferència?**

Hem obtingut a partir de l'ús de l'aparell de Buchi, que els cristalls d'àcid acetilsalicílic obtinguts a partir de la reacció entre l'anhidrid acètic i l'àcid salicílic i posteriorment cristal·litzats i assecats. La temperatura de fusió dels cristalls obtinguts, és de 128,7°C. Quan la seva temperatura de fusió teòrica segons la bibliografia consultada són 135°C.

Aquesta diferència és deguda a les impureses que es troben en la solució i que un cop es creen els cristalls fan més fàcil el trencament entre els enllaços dels cristalls, fent així que faci falta una menor quantitat d'energia per a trencar els enllaços que formen els cristalls i a l'hora disminuint la seva temperatura de fusió.

**3.- Calculeu la puresa dels cristalls obtinguts tenint en compte la diferència de temperatures de fusió teòriques :**

A partir de la diferència de temperatura de fusió podem determinar la puresa dels cristalls obtinguts on la diferència percentual entre la temperatura teòrica de fusió del cristall i la obtinguda amb l'aparell de Büchi ens donarà el tant per cent de puresa del nostre compost.

$$\% \text{ de puresa} = \left( 1 - \frac{T_{\text{fusió teòrica}} - T_{\text{fusió obtinguda}}}{T_{\text{fusió teòrica}}} \right) \cdot 100$$

$$\% \text{ de puresa} = \left( 1 - \frac{135^{\circ}\text{C} - 128,7^{\circ}\text{C}}{135^{\circ}\text{C}} \right) \cdot 100 = 95,33\%$$

*Equació 23: Càlcul de la puresa del compost obtingut*

Per tant podem determinar que el % de puresa obtingut en el procés de producció dels nostres cristalls d'àcid acetilsalicílic és del 95,33%.

### **Conclusions**

En aquesta experiència hem pogut comprovar la importància i la dificultat que suposa el fet d'obtenir un producte d'alta puresa. Per poder comprovar aquesta característica dels cristalls obtinguts ens hem valgut de diferents operacions de separació com són el filtratge al buit i la cristal·lització. Aquesta pràctica és una adaptació de la realitzada a UGR (185).

Un cop hem tingut el cristall perfectament dessecat hem usat l'aparell de Büchi, el qual ens monitoritza la temperatura a la qual exposem una petita part del compost obtingut per tal de poder observar els seus punts de fusió i ebullició. Aquestes dues temperatures con característiques per a cada compost i depenen de les forces creades per les estructures moleculars fent així que ambdues temperatures disminueixin en el cas de trobar-se amb impureses com és el nostre cas. Avaluant la diferencia de les temperatures teòriques de fusió i ebullició teòriques per a cada compost i les obtingudes amb l'experiment usant aquest aparell hem pogut determinar que el cristall d'àcid acetilsalicílic obtingut és del 95,33% de puresa.

Un cop hem obtingut un valor de puresa molt elevat com ha sigut el cas ens hem disposat a recrear un comprimit d'ASPIRINA®, coneixent-ne la quantitat de principi actiu i agafant com a excipient una farina de blat de moro comercial per tal de donar-li cos. I usant una operació de premsat en un motlle cilíndric n'hem obtingut els comprimits. Treballant així tot el procés de producció d'un dels comprimits farmacèutics més famosos de la història.

Un dels petits inconvenients que té aquesta pràctica és el tems d'assecat, ja que per poder determinar les temperatures de fusió i ebullició cal deixar la mostra filtrada dins del dessecador entre 24 i 48h. En el cas de voler accelerar el procés es podria usar el forn de convecció sempre i quant no s'arribés a superar els 100°C, per tal d'evitar que el compost es modifiqués.

#### 4.4- Processos de la indústria alimentària

Per al que fa a la alimentació, sempre ha sigut un dels camps amb major rellevància per a l'esser humà des dels inicis de la seva història, fet que fa estrany que fins a mitjans dels anys seixanta no es donés una veritable preocupació per al que és e fet de les millores tecnològiques de les metodologies per a la producció, processament i conservació d'aquests. (31)

Molts dels processos dels que actualment parteix aquest sector de la indústria química són provinents d'algunes de les civilitzacions més antigues del planeta, com són l'egípcia, la grega la romana o fins i tot anteriors a aquestes. Tot i que molts d'aquests processos com són les fermentacions o les conserves amb diferents productes varen ser descoberts per casualitat o per proves d'assaig i error el fet és que cada civilització ha contribuït d'alguna forma al desenvolupament de la indústria alimentària.

El desenvolupament tecnològic i els descobriments dels darrers anys han fet que cadascun dels diferents components dels aliments sigui prou versàtil com per poder-ne crear una àrea especialitzada per a cadascun d'ells, així creant àrees d'especialització en proteïnes, hidrats de carboni, lípids o per exemple en els sabors i olors dels aliments. La indústria alimentària és així, el sector de la indústria química la qual s'encarrega d'estudiar i fer tots els processos de transformació relacionats amb l'alimentació de la població. Aquesta indústria representa la aplicació de la ciència, la qual es troben subjectes tots els aliments, la qual, dia rere dia adquireix major importància donat que aporta una estructura bàsica del coneixement en el que es basen totes les tecnologies del sector. (57)

En aquest apartat treballarem tres processos de la indústria alimentària amb les diferents experiències, on mostrarem processos de separació per comptabilitzar greixos d'una mostra d'aliment sec, determinació de greixos d'un aliment líquid i una reacció de fermentació.

#### 4.4.1- Determinació de greixos per centrifugació d'una llet comercial.

##### I. Informació per al docent

EL temps necessari per a la realització d'aquesta experiència en la seva totalitat es quantifica en dues hores, degut a les múltiples repeticions i la necessitat de l'exactitud de les mesures a prendre.

Per al que fa a l'hora de realitzar-la cal que el docent es remarqui la necessitat de fer les mesures de massa de les diferents provetes abans de col·locar-les a la centrifuga i la necessitat de realitzar les reaccions dins de la campana de gasos.

##### II. Fonament teòric

Alguns aliments estan classificats segons les característiques que tenen, un clar exemple en són els productes làctics els quals van classificats per la quantitat de greixos que tenen en proporció.

La llet està definida com una mescla heterogènia formada per la nata, el sèrum i quallada. Aquesta mescla que a simple vista ens sembla un líquid homogeni es tracta d'una suspensió de les diferents fases sòlides en la seva fase líquida(sèrum). Aquest líquid es compon aproximadament d'un 87% d'aigua, on el tretze per cent restant, anomenat extracte sec, representa la resta de proteïnes, lípids i sals que conté. És un líquid amb un alt contingut de greixos, aproximadament entre els 35 i els 45 g/L de matèria grassa. Les diferents classificacions que rep, venen donades bàsicament per la quantitat de matèria greixosa que conté, sent així la classificació comercial coneguda com a sencera, semi i desnatada. Aquestes classificacions venen donades per les autoritats estatals, les quals limiten uns percentatges mínims de greixos i extracte sec d'aquestes. (12)

En la pràctica que segueix a continuació hem fet una quantificació de greixos d'una llet sencera de la casa ATO®, seguint el mètode de Gerber. Aquest mètode consisteix en alliberar totalment el greix present a la llet a partir de la separació d'aquest dissolució de les substàncies proteïques, per separació del greix per centrifugació i posterior volumetria d'aquesta fase. Aquest mètode és aplicable a llets naturals, pasteuritzades i esterilitzades. El seu procediment consisteix en dissoldre la fase proteica de la llet en àcid sulfúric concentrat per tal de poder separar amb més facilitat la fase greixosa d'aquest líquid posteriorment amb la centrifugadora Gerber. Posteriorment la lectura percentual de greix es fa directament de la proveta gerber.

Aquest procés ha estat adaptat al material de laboratori present als laboratoris de química de l'EPSEM, usant en lloc de la centrifugadora de Gerber, una de les centrifugadores de sobretaula de les que disposen.

L'operació de separació que usarem en aquesta pràctica és la *centrifugació*. Aquesta és una de les operacions de separació més comunes per a separar mescles de sòlids en suspensió en líquids, és el moment en el qual la sedimentació o la floculació d'aquest sòlid és molt lenta, ja sigui degut a que la partícula en suspensió és d'una mida molt petita o a causa de la viscositat del líquid, la qual produirà la resistència del moviment dins del fluid o per causa dels moviments aleatoris de les partícules induïdes per les turbulències generades per les diferències de temperatura. Així doncs aquesta tècnica usa per a poder a separar aquestes fases.

La tècnica consisteix en separar, concentrar o aïllar les partícules suspeses en un medi líquid aprofitant la diferència de velocitats de desplaçament de la partícula sòlida dins del medi on es troba suspès, a partir de l'acció de la força centrífuga, la qual s'exerceix sobre un cos quan aquest gira al voltant d'un eix. La magnitud d'aquesta força ens dependrà de la massa del cos, la seva forma, el radi de gir i la velocitat angular de gir, és perpendicular al així i tendeix a allunyar el cos d'aquest. Aquesta característica s'aprofita per accelerar el procés de sedimentació de les partícules, separant-les cap a la superfície del líquid, si tenen una densitat inferior al líquid a les que es troben suspeses o cap al fons si la seva densitat és superior a la del líquid del medi. Aquestes forces aplicades, amb la tecnologia actual poden arribar a ser centenars de vegades més grans que la mateixa gravetat.

Es pot usar tant a escala preparativa com analítica. La primera s'usa per aïllar partícules per al seu aprofitament posterior i la segona és usada per a l'experimentació i investigació de les propietats físiques de la mescla així com la seva velocitat de sedimentació o el seu pes molecular.

Diferenciem tres tipus de centrifugacions segons el tipus de separació usat per a les seves partícules:

- La centrifugació diferencial: on les partícules es separen en funció de la seva velocitat de sedimentació.
- La centrifugació zonal: on la variable amb la que treballem és la massa de les partícules. La mostra a analitzar es col·loca a la part superior del gradient de densitats i sota l'acció de la força centrífuga les partícules en suspensió es mouen a velocitats en



funció de la seva massa i sedimenten a diferents zones del gradient. La seva limitació es troba en que la densitat màxima del gradient no ha de superar la de les partícules a separar.

- La centrifugació isopícnica: on la separació ve domada per la diferencia de densitats en el medi d'estudi o mostra. On les partícules es mouen pel gradient fins a trobar la franja d'aquest on la seva densitat és igual a la de les partícules a separar, és per això que en aquest cas la densitat del gradient ha de ser superior a la de les partícules a separar. És un mètode adequat per a la separació d'àcids nucleics i altres orgànuls cel·lulars.

Les dues últimes són exemples del que anomenem centrifugacions mitjançant gradient de densitats, el mètode una mica més elaborat que la centrifugació diferencial, ens aporten alguns avantatges els quals compensen el treball extra que suposen. La tècnica permet la separació de la majoria o la totalitat dels components de la mostra, i la realització de mesures analítiques. El mètode de gradients per densitats implica l'ús d'un suport fluid, el qual la seva densitat augmenta de la zona superior a la inferior. El gradient s'aconsegueix usant un solut de baixa massa molecular, de tal manera que la mostra a analitzar pugui ser suspesa en la solució resultant. Alguns dels soluts més comuns són, la sacarosa, polisacàrids sintètics, derivats iodats del àcid benzoic, o sals de metalls alcalins pesats, entre d'altres.

La mostra es situa a la part superior del gradient com una fina banda, que després de centrifugar, la separació dels components de les mostres presenta com diferents bandes o zones, les quals podem separar.

Independentment del tipus de centrifugació que duem a terme l'objecte principal d'aquesta és la centrífuga. Aquesta consta d'un motor, un rotor amb adaptació per a col·locar-hi els tubs de mostra. La nostra variable independent serà la velocitat angular aplicada al rotor, a altes velocitats, la centrífuga ha de comptar amb un sistema de refrigeració i en casos extrems també serà necessari un sistema de buit per tal d'evitar al màxim el contacte del rotor amb l'aire i l'escalfament d'aquest amb el fregament causat per l'aire.

Degut a les altes velocitats aplicades en aquest mètode de separació, el rotor sol estar protegit per un compartiment blindat per evitar accidents en cas de trencament d'aquest.

Així doncs podem separar les centrífugues segons el seu ús i velocitat de gir en tres classes diferents, centrífugues de baixa velocitat, d'alta velocitat i ultracentrífugues.

### 1. Centrifugues de baixa velocitat o de sobretaula:

Són aquelles de petita grandària i sense sistema de refrigeració. La seva velocitat màxima arriba a 5000rpm i es fan servir per a la separació de partícules grans com cèl·lules o precipitats de sals insolubles.

Un cas particular d'aquestes són les centrifugues anomenades micròfugues, les quals treballen amb volums molt petits i poden arribar fins a les 10000 rpm, el seu principal ús es troba en el camp de la biologia molecular.

### 2. Centrifugues d'alta velocitat:

Arriben a unes velocitats d'entre 18000 i 25000 rpm, aquestes ja compten amb un sistema de refrigeració propi, i en alguns casos fins i tot un sistema de buit per tal d'evitar l'escalfament del rotor. El seu principal ús és la separació de fraccions cel·lulars, però la seva limitació es troba en la separació de ribosomes, virus i macromolècules.

### 3. Ultracentrífugues:

Superen les 50000 rpm, per això compten amb un sistema de refrigeració i de buit auxiliars. Algunes compten amb sistemes d'obtenció de dades precises de propietats de sedimentació, i preparatives les quals són útils per a l'aïllament de partícules amb un baix coeficient de sedimentació.

III. Informe de la pràctica**Objectiu**

Determinar el tant per cent de greix present a la llet i la separació d'aquest en funció de la velocitat angular de centrifugació.

**Material**

- Pipetejador automàtic
- 2 vasos de precipitats de 250mL
- 1 Matràs erlenmeyer 500mL
- Pipeta de 10 ml
- Pipeta 1 ml
- Pipeta 2 ml
- Termòmetre
- Llet fresca o sencera
- Àcid sulfúric (95—97% [ $M=98,08\text{g/mol}$ ;  $\rho=1,84\text{g/cm}^3$ ])
- Alcohol amílic [ $M=88,15\text{g/mol}$ ;  $\rho=0,81\text{g/cm}^3$ ]
- 8 Provetes de plàstic per a centrifugadora
- Bany d'aigua
- Campana de gasos
- Guants i ulleres de protecció

**Procediment**

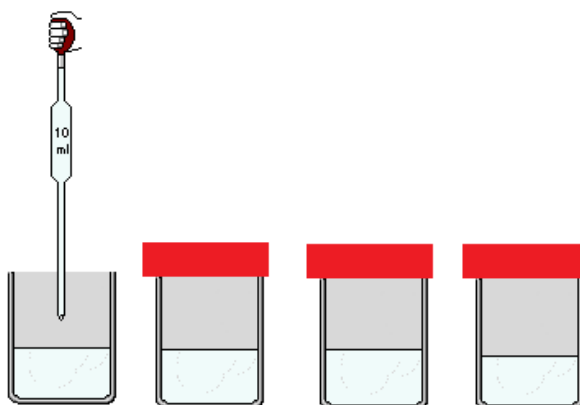
1. Col·loquem la centrifuga en una base sòlida amb suficient espai com per a manipular les mostres.
2. Escalfar la mostra de llet fins al 20°C amb l'aplicació de bany maria, evitant la formació de nata o mantega i espuma a la superfície de la mostra.



*Il·lustració 78: Bany d'aigua per homogeneïtzar la temperatura de la mostra de llet comercial. Font: Pròpia.*

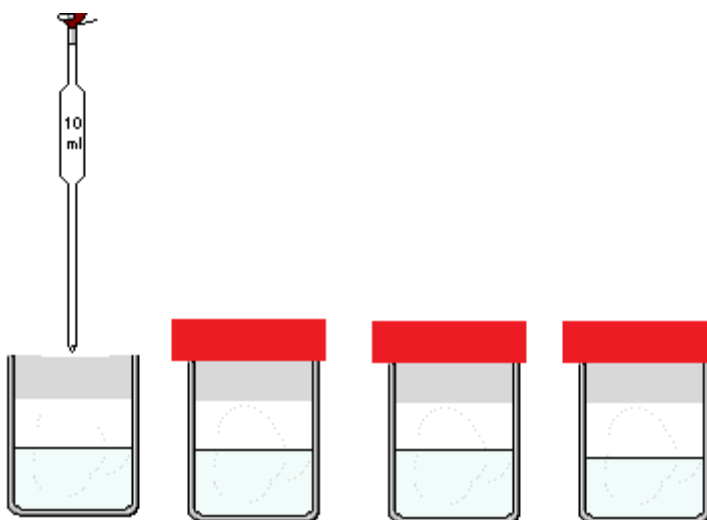
3. Tenir en compte que el greix present a la llet té una densitat inferior que l'aigua i per tant quedarà suspesa a la part superior de la mostra.
4. Tenir en compte que és probable la formació de mantega per l'acció de la centrifuga, en aquest cas caldrà fer l'operació a una temperatura entre 35 i 40°C, on el greix de la llet passa a estat líquid i la distribució es fa de forma més ràpida.
5. Un cop ajustada la temperatura es deixa reposar la llet entre 3 i 4 min per que en desapareguin les bosses d'aire.

6. A partir d'aquest pas cal treballar dins de la campana de gasos amb l'extractor engegat. Mesurar i addicionar 10ml d'àcid sulfúric i afegir-lo a les provetes de centrifugació.



*Il·lustració 79: Adició de l'àcid sulfúric a les provetes de centrifuga. Font: Pròpia.*

7. A continuació agafar mostres de 10,75 ml de llet de la mostra a 20°C i els introduïm a la proveta. L'addició ha de ser feta amb compte i molt lentament per tal que els dos líquids no es mesclin si no que es creïn dues fases.



*Il·lustració 80: Adició de la llet a les provetes de centrifuga. Font: Pròpia.*

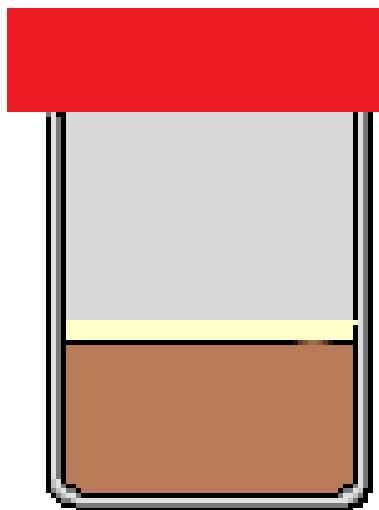
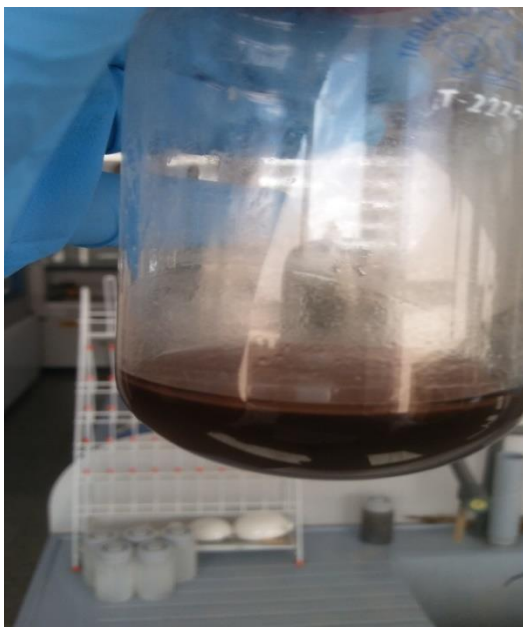
8. A continuació s'afegeix 1ml d'alcohol amílic i es tapa la proveta.

9. Agitar enèrgicament la mescla de líquids per tal de que es dissolgui la proteïna present a la llet amb l'àcid sulfúric. Aquesta reacció crea una tinció de color marronós.



*Il·lustració 81: Provetes de centrifugació abans de l'operació de separació. Font:Pròpia.*

10. A continuació centrifugar durant 5 min. Realitzar l'experiència 3 cops amb la centrifuga a 1500, 2500 i 4500 rpm. Cal fer aquest pas amb supervisió del personal de laboratori.
11. Finalment observem la quantitat de greix aparegut en la part superior del tub, mesurem aquesta alçada amb l'aguda d'un regle graduat.



*Il·lustració 82: A l'esquerra fotografia d'una de les provetes després de la centrifugació, a la dreta esquema de la mateixa. Podem veure la capa de greixos a la part superior del líquid. Font:Pròpia.*

**Obtenció de resultats**

Per tal de tractar les dades d'aquesta experiència primerament hem de tenir en compte les mides de la proveta de centrifugació usada:

$$\varnothing_{proveta} = 52mm$$

Tenint en compte aquest diàmetre i que la forma de la proveta és cilíndrica podem calcular el volum de greix aparegut després de la centrifugació a partir del càlcul del volum d'un cilindre, on el volum d'aquest tipus de cos ve donat per la fórmula:

$$V_{cilindre} = h \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing_{proveta}^2}{4}$$

*Equació 24: Càlcul del volum d'un cilindre regular.*

On:

- h és l'alçada de greix mesurat després de la centrifugació

Amb la presa de dades al laboratori hem obtingut els següents resultats per al que fa a la separació de greix de la llet per a les diferents velocitats de centrifugació, obtenim 4 mostres per a cada velocitat ja que és el nombre màxim de provetes que admet el nostre tambor:

Velocitat (rpm)	Area (mm <sup>2</sup> )	h (mm)
1500	52	1,75
1500	52	1,75
1500	52	1,50
1500	52	1,75
2500	52	2,25
2500	52	2,50
2500	52	2,25
2500	52	2,25
4500	52	2,75
4500	52	2,50
4500	52	2,75
4500	52	2,50

*Taula 23: Taula de resultats d'alçada de greix obtinguda en funció de la velocitat de centrifugació en rpm*

Usant l'equació del volum d'un cilindre regular obtenim per a cadascuna de les experiències els següents volums de greix separats:

- A 1500 rpm

$$V_{1cilindre} = h \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing_{proveta}^2}{4} = 1,75 \text{ mm} \cdot \pi \cdot \frac{(52\text{mm})^2}{4} = 3,7165 \text{ cm}^3$$

$$V_{2cilindre} = h \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing_{proveta}^2}{4} = 1,75 \text{ mm} \cdot \pi \cdot \frac{(52\text{mm})^2}{4} = 3,7165 \text{ cm}^3$$

$$V_{3cilindre} = h \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing_{proveta}^2}{4} = 1,50 \text{ mm} \cdot \pi \cdot \frac{(52\text{mm})^2}{4} = 3,1856 \text{ cm}^3$$

$$V_{4cilindre} = h \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing_{proveta}^2}{4} = 1,75 \text{ mm} \cdot \pi \cdot \frac{(52\text{mm})^2}{4} = 3,7165 \text{ cm}^3$$

- A 3000 rpm

$$V_{1cilindre} = h \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing_{proveta}^2}{4} = 2,25 \text{ mm} \cdot \pi \cdot \frac{(52\text{mm})^2}{4} = 4,7784 \text{ cm}^3$$

$$V_{2cilindre} = h \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing_{proveta}^2}{4} = 2,50 \text{ mm} \cdot \pi \cdot \frac{(52\text{mm})^2}{4} = 5,3093 \text{ cm}^3$$

$$V_{3cilindre} = h \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing_{proveta}^2}{4} = 2,25 \text{ mm} \cdot \pi \cdot \frac{(52\text{mm})^2}{4} = 4,7784 \text{ cm}^3$$

$$V_{4cilindre} = h \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing_{proveta}^2}{4} = 2,25 \text{ mm} \cdot \pi \cdot \frac{(52\text{mm})^2}{4} = 4,7784 \text{ cm}^3$$

- A 4500 rpm

$$V_{1cilindre} = h \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing_{proveta}^2}{4} = 2,75 \text{ mm} \cdot \pi \cdot \frac{(52\text{mm})^2}{4} = 5,8402 \text{ cm}^3$$

$$V_{2cilindre} = h \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing_{proveta}^2}{4} = 2,50 \text{ mm} \cdot \pi \cdot \frac{(52\text{mm})^2}{4} = 5,3093 \text{ cm}^3$$

$$V_{3cilindre} = h \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing_{proveta}^2}{4} = 2,75 \text{ mm} \cdot \pi \cdot \frac{(52\text{mm})^2}{4} = 5,8402 \text{ cm}^3$$

$$V_{4cilindre} = h \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing_{proveta}^2}{4} = 2,50 \text{ mm} \cdot \pi \cdot \frac{(52\text{mm})^2}{4} = 5,3093 \text{ cm}^3$$

*Equació 25: Càlcul dels volums de greix separats per les diferents velocitats de gir de la centrifuga. A 1500, 3000 i 4500 rpm*



Un cop tenim els diferents volums calculats podem passar a calcular el tant per cent en volum de greix per a cadascuna de les experiències, com que en totes elles es compta amb una mateixa quantitat de llet, la qual hem obtingut del mateix bric l'única variable que tenim en l'experiment és la velocitat de gir de la centrifugadora. Així que fent el tant per cent en volum, tenint en compte que el volum de llet aportat en tots els casos és de 10,75ml, és de:

$$\%(v/v) = (Volum\ de\ greix\ separat / Volum\ de\ llet) \cdot 100$$

*Equació 26: Càlcul del % volumètric de greix separat*

- Per a casos de 1500 rpm

$$Proveta\ 1\ \%(v/v) = \frac{3,7165\ cm^3\ de\ greix}{10,75\ cm^3\ de\ llet} \cdot 100 = 34,57\%$$

$$Proveta\ 2\ \%(v/v) = \frac{3,7165\ cm^3\ de\ greix}{10,75\ cm^3\ de\ llet} \cdot 100 = 34,57\%$$

$$Proveta\ 3\ \%(v/v) = \frac{3,1856\ cm^3\ de\ greix}{10,75\ cm^3\ de\ llet} \cdot 100 = 29,63\%$$

$$Proveta\ 4\ \%(v/v) = \frac{3,7165\ cm^3\ de\ greix}{10,75\ cm^3\ de\ llet} \cdot 100 = 34,57\%$$

- Per als casos a 3000 rpm

$$Proveta\ 1\ \%(v/v) = \frac{4,7784\ cm^3\ de\ greix}{10,75\ cm^3\ de\ llet} \cdot 100 = 44,45\%$$

$$Proveta\ 2\ \%(v/v) = \frac{5,3093\ cm^3\ de\ greix}{10,75\ cm^3\ de\ llet} \cdot 100 = 49,39\%$$

$$Proveta\ 3\ \%(v/v) = \frac{4,7784\ cm^3\ de\ greix}{10,75\ cm^3\ de\ llet} \cdot 100 = 44,45\%$$

$$Proveta\ 4\ \%(v/v) = \frac{4,7784\ cm^3\ de\ greix}{10,75\ cm^3\ de\ llet} \cdot 100 = 44,45\%$$

- Per als casos a 4500 rpm

$$\text{Proveta } 1\%(v/v) = \frac{5,8402 \text{ cm}^3 \text{ de greix}}{10,75 \text{ cm}^3 \text{ de llet}} \cdot 100 = 54,33\%$$

$$\text{Proveta } 2\%(v/v) = \frac{5,3093 \text{ cm}^3 \text{ de greix}}{10,75 \text{ cm}^3 \text{ de llet}} \cdot 100 = 49,39\%$$

$$\text{Proveta } 3\%(v/v) = \frac{5,8402 \text{ cm}^3 \text{ de greix}}{10,75 \text{ cm}^3 \text{ de llet}} \cdot 100 = 54,33\%$$

$$\text{Proveta } 4\%(v/v) = \frac{5,3093 \text{ cm}^3 \text{ de greix}}{10,75 \text{ cm}^3 \text{ de llet}} \cdot 100 = 49,39\%$$

*Equació 27: Càlcul del % volumètric de greix separat per cada velocitat de gir.*

Tenint en compte la densitat mitja de la matèria grassa o greix ( $\rho=0,86 \text{ mg/ml}$ ) podem obtenir la massa de greix continguda per cada 100 ml de llet sencera, dada que ens dona l'empresa productora a l'envàs com a part de la informació nutricional d'aquest producte alimentari.

Per trobar aquesta dada només hem d'aplicar el següent factor de conversió:

$$\left(\frac{V_{\text{greix}}}{V_{\text{llet}}}\right) \cdot \rho_{\text{greix}} \cdot 100 \text{ ml de llet} \cdot \left(\frac{1\text{g}}{1000\text{mg}}\right) = \text{massa de greix (mg)/100 ml llet}$$

*Equació 28: Factor de conversió de fracció volumètrica de greix a massa de greix per cada 100mL de llet*

Obtenint els següents resultats:

proveta	rpm	massa de greix (g) per cada 100 mL
1	1500	2,97
2	1500	2,97
3	1500	2,55
4	1500	2,97
1	2500	3,82
2	2500	4,25
3	2500	3,82
4	2500	3,82
1	4500	4,67
2	4500	4,25
3	4500	4,67
4	4500	4,25

*Taula 24: Resultats obtinguts per a cada proveta i velocitat de gir de greix en grams per cada 100mL de llet.*

La normativa sobre els màxims continguts de greix en la llet en ve donada en tant per cent en massa de greix sobre el residu sec de la llet, per trobar aquest valor busquem a la bibliografia la massa mitja del residu sec de la llet del tipus sencera, aquesta apareix com a 130g de residu sec per cada 100 ml de llet, així doncs obtenim el valor per a les nostres mostres aplicant el següent càlcul:

$$\% \text{ en massa} = \frac{\text{massa de greix per cada } 100\text{mL de llet}}{\text{residu sec total per cada } 100 \text{ mL de llet}} \cdot 100$$

*Equació 29: Càlcul del tant per cent en massa de greix en residu sec de llet.*

Amb aquest valor i les masses de greix obtingudes anteriorment per al mateix volum obtenim els resultats de la taula següent aplicant l'equació anterior:

rpm	Mostra 1 (% de greix aparegut)	Mostra 2(% de greix aparegut)	Mostra 3 (% de greix aparegut)	Mostra 4 (% de greix aparegut)
1500	2,65	2,65	2,27	2,65
2500	3,41	3,79	3,41	3,41
4500	4,17	3,79	4,17	3,79

*Taula 25: Taula de resultats de % en massa de greix a la llet per les diferents mostres i velocitats*

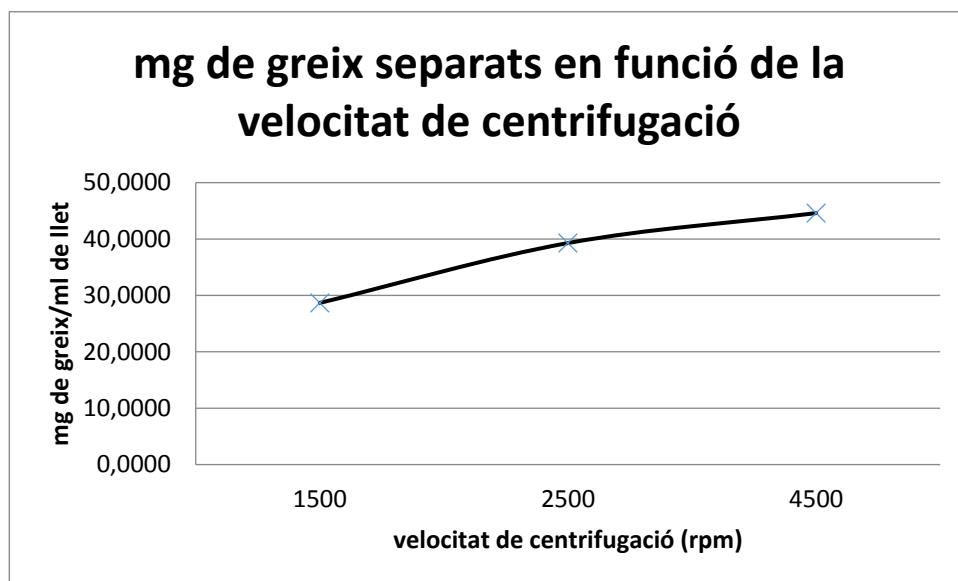
Buscant els valors del fabricant, per a poder fer les comparatives posteriors, trobem la següent taula de valors nutricionals :

VALOR NUTRICIONAL			
Informació nutricional (valors mitjans per 100ml)			
	ENTERA	SEMIDESNATADA	DESNATADA
Valor energètic (kcal)	63 (264)	45 (190)	34 (144)
Proteïnes (g)	3,10	3,15	3,20
Hidrats de carboni (g)	4,60	4,65	4,70
Sucres (g)	4,60	4,65	4,70
Greixos (g)	3,60	1,55	0,25
Saturats (g)	2,4	1,05	0,17
Sal (g)	0,1	0,10	0,10
Calci (mg)	120 (15% VRN*)	120 (15% VRN*)	120 (15% VRN*)
*VRN: Valors de Referència de Nutrients (vitamines i minerals)			

*Il·lustració 83: Valors nutricionals dels diferents productes làctics de l'empresa ATO. Font: web d'ATO, apartat de llet en brick (27)*

**Qüestions**

1. Feu una gràfica de quantitat de greix separat en tant per cent en funció de la velocitat en rpm.



*Il·lustració 84: Gràfica de la separació de greix de la llet en funció de la velocitat de centrifugació. Font: Pròpia.*

2. Busqueu la quantitat de greix present als diferents tipus de llet comercial segons llei.

Per normativa la llet de vaca ha de contenir entre aproximadament un 3,5% en massa de greix per cada litre de llet.

3. Quin tipus de centrífuga hem usat? Quins altres tipus de centrífugues hi ha?

La centrifugadora usada és una centrífuga de baixa velocitat o sobretaula, en concret aquesta centrífuga arriba a la màxima velocitat a la qual arriben les d'aquest tipus.

També hi ha centrífugues de micròfugues, les quals poden arribar a les 10000 rpm, de les anomenades centrífugues d'alta velocitat les quals poden girar en un interval de 18000 rpm a 25000rpm i les ultracentrífugues les quals superen les 50000rpm i han de comptar obligatòriament amb sistemes de seguretat i refrigeració externes. Al laboratori a part de les centrífugues convencionals podem trobar també les anomenades centrífugues de vòrtex.

4. Feu un esquema de la centrífuga usada en aquesta experiència on es pugui veure clarament el sistema de funcionament, si us fa falta ajudeu-vos de material bibliogràfic complementari trobat a la xarxa.



*Il·lustració 85: Fotografia de l'exterior de la centrífuga usada. Aquest model arriba a un màxim de 5000rpm. Font:Pròpia.*



*Il·lustració 86: Fotografia del interior de de la centrífuga usada per a l'experiència, podem veure les 4 posicions per a les mostres que conté el tambor. Font:Pròpia.*

### **Conclusions**

Si observem els resultats obtinguts i els avaluem sobre les dades que ens proporciona la normativa vigent, (141) que regula els productes alimentaris classificats com derivats làctics, on de base per a la seva producció s'usa la llet provinent d'origen boví, veiem que la llei marca que el tant per cent en massa de greix sobre el total de residu sec de la llet classificada com a sencera no pot superar el 3,5%, observant els resultats obtinguts en les experiències de laboratori veiem que els resultats obtinguts en la centrifugació s'aproximen a aquest valor, sent el valor més alt obtingut en dues de les mostres del 4,17%, en les experiències de centrifugació a 4500 rpm i el més baix de 2,27% usant les dades de les experiències fetes a 2500 rpm, per el que podem considerar que la llet comercial que hem usat per a la quantificació de greixos es troba dins dels estàndards marcats per la normativa vigent.

Si comparem les dades obtingudes en grams per cada 100 ml de producte i els comparem amb els que ens marca l'empresa productora de llet, podem veure que els valor obtinguts oscil·len entre el 2,55 i el 4,67 g/100mL de llet, mentre que el fabricant ens especifica que el seu producte es troba sobre els 3,6g/100mL d'aquest producte. Aquestes desviacions de la quantitat de greix per cada cert volum de llet poden ser donades a causa d'una mala homogeneïtzació al agafar la mostra a centrifugar, o a petits errors de mesura els quals s'han anat arrossegant a causa de les incerteses dels aparells usats. Tot i així els valors obtinguts són molt propers als marcats per el fabricant i per tant podem donar el mètode usat a la pràctica i els seus resultats com a correctes.

També hem pogut comprovar que la tendència que segueix la separació de greixos en funció de la velocitat de centrifugació no és lineal si no que segueix una tendència exponencial, tal i com podem veure a la representació gràfica que es troba a l'apartat de qüestions d'aquesta pràctica (qüestió número 1).

Finalment remarcar que els productes i reactius usats en aquesta pràctica obliguen augmentar la precaució, per a possibles cremades, reaccions cutànies i formació de gasos.

#### 4.4.2- Estudi de la dependència de la concentració de sucres en una fermentació alcohòlica amb *saccharomises cervisae*.

##### I. Informació per al docent

Aquesta pràctica necessita de dues jornades per tal de realitzar-se, la primera jornada es farà la preparació de la mostra, mentre que la segona es faran les mesures pertinents al volum de gas desplaçat.

La dificultat de càlcul d'aquesta pràctica no és especialment elevada, ja que s'ha adaptat aquesta per obtenir resultats a partir de mesures i càlculs matemàtics simples de volums de gas i amb l'ús de les equacions estequiomètrica obtenir el nombre de mols d'etanol produïts per l'acció metabòlica del microorganisme emprat.

##### II. Fonament teòric

Un dels processos de la indústria química més antic dins del àmbit alimentari és la producció de begudes alcohòliques. La elaboració de vins, cerveses i destil·lats representa una de les principals activitats comercials de molts països no islàmics, suposant així una gran font d'ingressos per als països productors d'aquest tipus de begudes, sobretot per als governs d'aquests, els que acostumen a aplicar-hi taxes i impostos. Tot i ser aquest producte perjudicial per al que fa a la salut, en el seu consum excés.

Dins la classificació de les begudes alcohòliques es poden destacar dos grans grups, segons el seu procés de producció: les begudes fermentades i les destil·lades. Aquesta experiència es centrarà en el primer grup, el qual es beneficia de microorganismes per tal de donar lloc a aquest tipus de begudes. La branca que estudia les reaccions proporcionades per microorganismes i la seva aplicació a la indústria és la biotecnologia, en aquest cas podem observar l'aplicació que pot tenir un microorganisme per a la producció d'etanol amb una reacció de fermentació.(29)

La fermentació és el procés de catabolisme anaeròbic el qual usa un compost orgànic com a donador i acceptor d'electrons obtenint com a resultat l'ATP (adenosina trifosfat), molècula que té funció de transportar l'energia química obtinguda en les reaccions del metabolisme intracel·lular. Aquest tipus de reaccions van ser descobertes per Louis Pasteur, el qual va anomenar a la fermentació com la "vida sense aire" pel fet que era una ruta metabòlica la qual es du a terme en absència d'oxigen.



En aquest procés anaerobi l'acceptador final d'electrons és el NADH ( Nicotinamida adenina dinucleòtid), el qual es produeix en el procés de glucòlisi.

En els essers vius aquest és un procés anaerobi en el qual no hi intervenen els mitocondris ni la cadena respiratòria. És un procés típic dels llevats i bacteris, i també es du a terme en la majoria de cèl·lules dels animals, amb excepció de les neurones. Una de les principals fermentacions que es du a terme a nivell cel·lular del món animal és la fermentació làctica, degut a la falta d'oxigen per dur a terme la via metabòlica aeròbica.

Tot i així una de les fermentacions que més interès ha despertat, ha sigut la fermentació alcohòlica o producció d'etanol a partir de l'ús de microorganismes, els quals consumeixen el sucre present en algunes dissolucions convertint-lo, per aquesta via metabòlica en subproductes com l'etanol.

Així doncs parlem de una gran varietat de la química alimentaria, la qual està basada en l'estudi de les fermentacions d'alguns productes, principalment provinents del món vegetal, el qual durant l'història han despertat un gran interès per la societat humana, que l'hi ha atorgat un valor afegit al producte obtingut, dos clars exemples d'aquest procés són la cervesa i el vi, els quals sense anar més lluny disposen d'estudis especialitzats en els seus respectius camps i varietats (Enologia).

La reacció de fermentació alcohòlica ve donada per la següent equació:



*Equació 30: Equació estequiomètrica de la fermentació alcohòlica dels sucres*

On podem veure que el nostre substrat (glucosa), es converteix gràcies a l'acció del microorganisme, en el nostre producte (etanol) i en un subproducte en forma de gas (diòxid de carboni).

En alguns casos com és en la fermentació del pa, el nostre producte d'interès passa a ser el diòxid de carboni, el qual li atorga l'esponjositat, una de les principals característiques que es busca per a al producte final.

A la indústria, l'interès que va despertar l'ús de microorganismes es va caracteritzar per al seu ús en la producció alimentaria i en la producció de la indústria farmacèutica, on alguns fongs i llevats donaven com a subproductes de les seves rutes metabòliques certs compostos d'interès, fent així que s'iniciés la investigació del que avui es coneix com a biotecnologia.(50)

La biotecnologia cerca les millors característiques de producció de certs compostos a partir de l'aprofitament de l'acció de diferents organismes vius. Es descriu com el conjunt de disciplines o ciències que té per objectiu l'estudi dels essers vius o part d'aquests per a tal d'obtenir-ne bens o serveis.

Aquesta branca de la biologia i la química, té una gran repercussió en la indústria farmacèutica, la ciència dels aliments i l'agricultura, bàsicament per al que fa a la síntesi de productes de consum per a les indústries anteriorment citades. Amb aquesta descripció es pot determinar que, certs avenços fets per la humanitat al llarg de la seva història, han estat a partir de descobriments d'aquesta branca, marcant alguns fets clau a l'història podríem remarcar, el descobriment dels microorganismes per part de Anton Van Leeuwenhoek (1683), els estudis de Louis Pasteur sobre els cultius de bacteris per al seu ús com a vacunes (1885), la primera descripció de l'estructura de l'ADN per James D. Watson i Francis Crick (1953), l'aprovació per part de la *Food Drug Administration* dels aliments transgènics als Estats Units (1992) i el primer esborrany del genoma humà (2000).

El microorganisme usat en aquesta pràctica és de la família *saccharomyces* més concretament el *saccharomyces cerevisiae*, que com indica el seu nom és el microorganisme usat per a la producció de la cervesa tipus "ale". (36)

La pràctica que tenim a continuació treballarà amb el que es coneix com a *variable de control*, són aquelles variables que podem regular a voluntat, com en el cas que ens ocuparà, aquesta variable de control serà la solució de sucre present al suc industrial usat com a medi per a la operació de fermentació. (78)

### III. Informe de la pràctica

#### **Objectius**

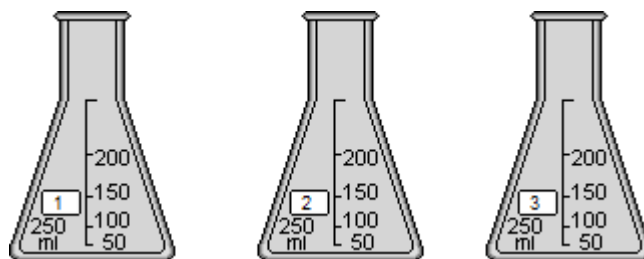
Determinar la dependència de la reacció de fermentació alcohòlica donada per un llevat, en convertir el sucre present en una dissolució de glucosa. Mesurant el grau de fermentació alcohòlica a través de la producció de CO<sub>2</sub>, demostrant així la importància de la concentració de substrat en aquest tipus de fermentació, mantenint un control de variables de l'experiment.

#### **Materials i reactius**

- 3 matrassos erlenmeyer de 250ml
- 3 etiquetes adhesives
- 600 ml de suc de pinya
- 50g de sucre
- 1 proveta de 10 ml
- 1 vas de precipitats de 100 ml
- Balança
- Full de paper mil·limetrat
- Aigua destil·lada
- Llevat (*Saccharomyces cerevisiae*)
- Tres globus de goma

**Procediment**

1. Netejar els erlenmeyers i etiquetar-los del 1 al 3.



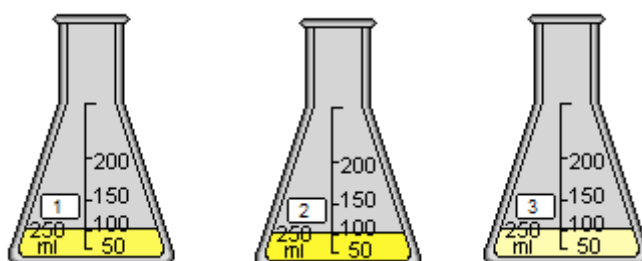
*Il·lustració 87: Matrassos erlenmeyer. Font:Pròpia.*

2. Agregar 80 ml de suc al primer erlenmeyer, aquest representarà el grup de control, el qual serà 100% substrat



*Il·lustració 88: suc de fruita usat per a la pràctica. Font:Pròpia.*

3. Agregar al erlenmeyer 2, 100 ml de suc, i 3 g de sucre. (Grup Experimental 1).
4. Agregar 80 ml de suc al 3r erlenmeyer i 20 ml d'aigua destil·lada (Grup experimental 2).



*Il·lustració 89: Solucions de suc i sucre preparades per a la pràctica. Font:Pròpia.*

5. Mesurar amb el refractòmetre la quantitat de sucres presents a les diferents solucions.

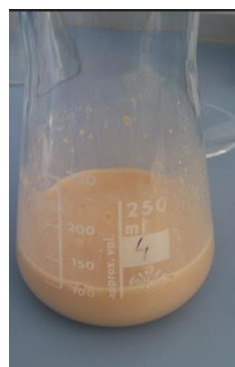
Mostra núm.	Conté	Índex de refracció
1	80mL de suc (100% substrat)	1,351
2	100 ml de suc + 3g de sucre	1,3541
3	80ml de suc + 20ml d'aigua destil·lada	1,3468

Taula 26: Índex de refracció per a cada mostra inicial



Il·lustració 90: Fotografia del refractòmetre digital usat. Font: Pròpia.

6. Preparar en 50 ml d'aigua una solució de llevat i agregar a cadascun dels erlenmeyers 10 ml de la solució de llevat.



Il·lustració 91: Solució i pack de llevat usat per a la experiència. Font: Pròpia.

7. Col·locar a l'embocadura de cadascun dels erlenmeyers un globus. Després deixar en repòs durant 24h.

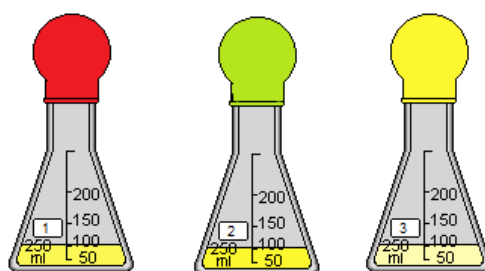


Il·lustració 92: Fotografia de l'instant inicial de dues de les repeticions de les experiències realitzades al laboratori. Font: Pròpia.

2. Transcorregut aquest període de temps, comprovar quin dels erlenmeyers ha generat més quantitat de  $\text{CO}_2$ , això es comprova a partir de veure els volums de cadascun dels globus, on el més inflat serà considerat com a 100% de la fermentació, i assignarem els altres percentatges a les altres solucions amb dependència del volum de gas ocupat dins del globus, a partir del càlcul del volum d'una esfera i mesurant el diàmetre del globus. El volum d'aire desplaçat es mesurarà prenent el perímetre del globus amb una cinta mètrica:

Mostra núm.	Perímetre del globus (cm)	Índex de refracció final
1	22,5	1,351
2	27	1,3541
3	22,5	1,3468

Taula 27: Perímetre del globus i índex de refracció de les diferents mostres després de 24h



Il·lustració 93: a la primera imatge podem veure-hi un esquema del muntatge dels tres erlenmeyers amb els globus. A les a les fotografies inferiors podem veure-hi dues de les experiències realitzades al laboratori. Font: Pròpia.

A continuació en calculem el volum a partir del radi obtingut usant les següents fórmules, assimilant que el globus és una esfera perfecte.

$$\text{Perímetre} = 2 \cdot \pi \cdot r$$

*Equació 31: Càlcul del perímetre d'una circumferència*

$$r_1 = \frac{22,5\text{cm}}{2 \cdot \pi} = 3,58\text{ cm}$$

$$r_2 = \frac{27\text{cm}}{2 \cdot \pi} = 4,29\text{ cm}$$

$$r_3 = \frac{22,5\text{cm}}{2 \cdot \pi} = 3,58\text{ cm}$$

*Equació 32: Càlculs dels radis dels diferents globus, a partir del perímetre d'aquests.*

Un cop obtingut el seu radi ( r ), calculem el volum d'aquesta esfera:

$$V_{\text{esfera}} = 4/3 \cdot \pi \cdot r^3$$

*Equació 33: Equació del volum d'una esfera*

$$V_1 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (3,58\text{ cm})^3 = 53,71\text{ cm}^3$$

$$V_2 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (4,29\text{ cm})^3 = 77,34\text{ cm}^3$$

$$V_3 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (3,58\text{ cm})^3 = 53,71\text{ cm}^3$$

*Equació 34: Càlcul del volum de gas desplaçat dins dels globus.*

A partir del seu volum i aplicant la llei de gasos podem determinar els mols de  $\text{CO}_2$  obtinguts de la fermentació, i coneixent el valor de la temperatura del laboratori i assimilant la pressió atmosfèrica:

$$\text{Equació de la llei de gasos: } PV = nRT$$

*Equació 35: Aplicació numèrica de la llei de gasos ideals*

$$\begin{aligned}
 n_1 &= P(\text{atm}) \cdot \frac{V(L)}{0,082 \left( \text{atm} \cdot \frac{L}{\text{mol}} \cdot K \right)} \cdot T(K) = \\
 &= 1 \text{ atm} \cdot \frac{0,05371L}{0,082 \left( \text{atm} \cdot \frac{L}{\text{mol}} \cdot K \right)} \cdot 297K = \\
 &= 0,0022 \text{ mols de } CO_2
 \end{aligned}$$

*Equació 36: Càlcul del nombre de mols de diòxid de carboni per a la mostra 1*

$$\begin{aligned}
 n_2 &= P(\text{atm}) \cdot \frac{V(L)}{0,082 \left( \text{atm} \cdot \frac{L}{\text{mol}} \cdot K \right)} \cdot T(K) = \\
 &= 1 \text{ atm} \cdot \frac{0,07734L}{0,082 \left( \text{atm} \cdot \frac{L}{\text{mol}} \cdot K \right)} \cdot 297K = 0,0031764 \text{ mols de } CO_2
 \end{aligned}$$

*Equació 37: Càlcul del nombre de mols de diòxid de carboni per a la mostra 2*

$$\begin{aligned}
 n_3 &= P(\text{atm}) \cdot \frac{V(L)}{0,082 \left( \text{atm} \cdot \frac{L}{\text{mol}} \cdot K \right)} \cdot T(K) = \\
 &= 1 \text{ atm} \cdot \frac{0,05371L}{0,082 \left( \text{atm} \cdot \frac{L}{\text{mol}} \cdot K \right)} \cdot 297K = \\
 &= 0,0022 \text{ mols de } CO_2
 \end{aligned}$$

*Equació 38: Càlcul del nombre de mols de diòxid de carboni per a la mostra 3*



3. Finalment mesurar altre cop amb el refractòmetre per tal de comprovar la quantitat de sucres presents en cadascuna de les dissolucions.

Mostra núm.	Índex de refracció inicial	Índex de refracció final	Diferència
1	1,351	1,339	0,012
2	1,3541	1,3402	0,0139
3	1,3468	1,3376	0,0092

Taula 28: Evolució dels índex de refracció de les diferents mostres

Podem comprovar que la mostra numero 2 és la que ha obtingut una disminució de la quantitat de sucres major, ja que el seu índex de refracció és el que en el mateix període de temps ha disminuït més.

4. Calcular els mols d'etanol formats a partir de la equació estequiomètrica de la fermentació.

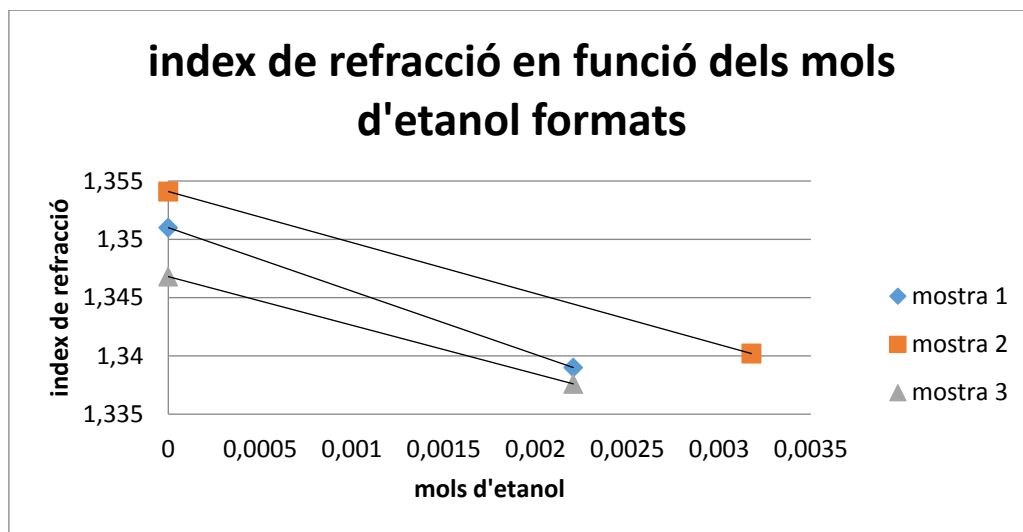
$$0,0022 \text{ mols de } CO_2 \cdot \frac{2 \text{ mols } CO_2}{2 \text{ mols d'etanol}} = 0,0022 \text{ mols d'etanol a la mostra 1}$$

$$0,003176 \text{ mols de } CO_2 \cdot \frac{2 \text{ mols } CO_2}{2 \text{ mols d'etanol}} = 0,003176 \text{ mols d'etanol a la mostra 2}$$

$$0,0022 \text{ mols de } CO_2 \cdot \frac{2 \text{ mols } CO_2}{2 \text{ mols d'etanol}} = 0,0022 \text{ mols d'etanol a la mostra 3}$$

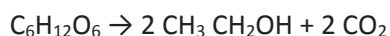
Com podem observar l'equació de fermentació ens mostra que per cada mol de glucosa es formen 2 mols d'etanol i 2 mols de  $CO_2$ , per tant podem determinar que en cadascuna de les mostres obtindrem el mateix nombre de mols de  $CO_2$  que d'etanol.

5. Finalment realitzar un gràfic mostrant els resultats obtinguts de mols d'etanol en funció de l'índex de refracció de cadascuna de les mostres:



*Il·lustració 94: Representació gràfica de l'índex de refracció en funció dels mols d'etanol formats. Font: Pròpia.*

Podem veure la tendència a la baixa del índex de refracció de cadascuna de les mostres, això ve degut a que el sucre dissolt en el líquid es transforma en etanol i diòxid de carboni fent que l'índex de refracció de les mostres de suc disminueixin. Aquest control de l'índex de refracció es fa per assegurar que les reaccions de fermentació no es trobin amb cap inconvenient.

**Qüestions****1. Escriu la equació general de la fermentació alcohòlica:****2. Que és la glucòlisi? Quina relació té amb la fermentació?**

La glucòlisi és la reacció que converteix la glucosa en energia en forma d'ATP, es dona a les cèl·lules dels éssers vius com a mètode d'obtenció d'energia per a fer les seves funcions vitals. La fermentació és un procés de glucòlisi on obtenim alcohols i diòxid de carboni.

**3. Quina és la importància de la fermentació per als organismes que la realitzen?**

La fermentació és una ruta metabòlica d'alguns microorganismes (llevats), els quals usen aquesta reacció per trencar la molècula de glucosa obtenint com a resultat energia, i produint com a subproductes diòxid de carboni i etanol, l'energia obtinguda en aquest procés l'usen per a realitzar les seves funcions vitals.

**4. Quina és l'aplicació de la fermentació alcohòlica a la indústria química?**

L'ús d'aquests llevats és vital per a la producció de les begudes alcohòliques del grup dels fermentats com són els vins, espumosos i cerveses.

També s'usa en la producció de bio-etanol per a la producció d'aquest hidrocarbur amb finalitats energètiques.

**5. Quin és el substrat d'aquesta reacció?**

La glucosa, present als sucres.

**6. Quina és la variable de control?**

En el cas que ens ocupa, l'experiència manté com a variable de control la concentració de sucres en una fermentació d'un suc envasat, on comprovem a partir de la dilució d'aquest en aigua i la saturació de sucres, com es veu afectada la producció de  $\text{CO}_2$  feta per el microorganisme (*saccharomyces cerevisae*) en la seva ruta metabòlica determinant gràcies a l'equació de fermentació la quantitat d'etanol present a la dissolució, els sucres dissolts i l'eficiència de la reacció variant-ne la quantitat de sucres.

**7. Quina és la importància del control de variables en un experiment?**

El control de variables d'un experiment ens permet fer comparacions quan algun dels factors que afecten a la producció no es troba sota el nostre control directe. És a dir que ens serveix per a controlar processos, com és l'exemple de la fermentació, a partir de modificar-ne les característiques inicials per tal d'afavorir la producció de certs productes o evitar la creació d'alguns subproductes de poc interès o perjudicials per al nostre procés. Les variables de control solen ser del tipus, concentracions, pH, temperatura i pressió entre d'altres, ja que són relativament fàcils de modificar i controlar.

**8. Tenint en compte els mols d'etanol formats en les mostres 2 i 3 calculeu el efecte de la conversió de sucre a etanol en funció de les concentracions de sucre de cadascuna d'elles, agafant com a referencia el grup de control o mostra 1. Com afecta la concentració inicial de sucres a la mescla?**

*% de conversió =*

$$\left(1 + \frac{0,003176 \text{ mols d'etanol a la mostra 2} - 0,0022 \text{ mols d'etanol a la mostra 1}}{0,0022 \text{ mols d'etanol a la mostra 1}}\right) \cdot 100$$

$$= 144,36\%$$

$$\left(1 + \frac{0,0022 \text{ mols d'etanol a la mostra 3} - 0,0022 \text{ mols d'etanol a la mostra 1}}{0,0022 \text{ mols d'etanol a la mostra 1}}\right) \cdot 100$$

$$= 100\%$$

Com podem veure la producció d'etanol no es veu afectada per la dilució de la quantitat de sucre, si no directament per la quantitat de substrat que conté cada sol·lucio, ja que al fer la comparativa entre el grup de control i les altres dues mostres ens mostra que amb el temps de reacció donat, la mostra més dil·luida és capaç d'obtenir la mateixa quantitat d'etanol que la mostra de control, mentre que la mostra numero 2 la qual l'hi vam abocar una quantitat extra de substrat, té una major conversió de sucre en etanol.

**Conclusions**

En aquesta pràctica s'ha pogut comprovar els efectes de les variables de control d'un experiment, en concret hem jugat amb les concentracions de substrat presents a les diferents mostres.

La producció d'etanol és un exemple de processos d'obtenció de productes a partir del control de poblacions de microorganismes, una pràctica a que va en augment. La biotecnologia és un dels camps que esta agafant força dins de la indústria química a causa dels seus múltiples beneficis per al que fa a la generació de residus, ja que principalment acaben generant com a residu sec matèria orgànica la qual es pot usar per a altres processos.

Amb els resultats obtinguts podem determinar que per al nostre microorganisme la concentració de glucosa l'hi és beneficiosa en els casos comprovats, doncs la mostra que ha obtingut una major conversió de glucosa a etanol ha sigut en totes les experiències realitzades la mostra amb major quantitat de sucre dissolt.

Com a medi de cultiu s'ha usat un suc comercial de la marca acendado®, ja que per al grup de control (mostra número 1) necessitàvem que la solució ja comptés amb una quantitat de glucosa inicial, i poder comprovar els efectes de modificar la concentració de sucres en la solució.

Per al que fa la mostra numero 3, la qual hem diluït podem determinar a partir de la volumetria de gasos que l'efecte que ha tingut la dilució sobre la conversió feta per el microorganisme no ha resultat gaire desviada de l'obtinguda a la mostra 1. Tot i així observant la diferencia entre el seu estat inicial i final del seu índex de refracció podem determinar que el microorganisme si que ha tingut una menor activitat.

#### 4.4.3- Determinació i extracció de greixos en continu d'una mostra de fruits secs amb extractor soxhlet.

##### I. Informació per al docent

El temps de realització d'aquesta pràctica és proper a les 2h per tal de realitzar la separació completa del greix i l'obtenció del residu sec. Aquesta pràctica també servirà per explicar al alumne el concepte d'operació en continu.

Cal que el docent a càrrec alerti al estudiant de la necessitat d'anar amb compte, ja que la temperatura amb la que es treballa és elevada i cal estar alerta per evitar cremades a l'hora de manipular els diferents elements del extractor soxhlet.

##### II. Fonament teòric

A la indústria alimentària és necessari expressar les diferents quantitats que presenten els aliments, per al que fa greixos, hidrats de carboni, proteïnes, etc. Aquests valors és el que s'anomena informació nutricional del producte. Aquesta informació que ens donen els distribuïdors de productes alimentaris ve donada a causa de la seva obligatorietat segons el reglament de la UE 1169 de 2011 sobre l'etiquetatge d'aliments i informació alimentària, el qual obliga a les empreses del sector alimentari a etiquetar els seus productes de forma que es puguin conèixer totes les característiques del aliment que entra al mercat. Per tal d'evitar pràctiques enganyoses i així beneficiar al consumidor i ajudar-lo a l'hora de seleccionar un o altre producte.

Per a aquesta experiència el valor nutricional que estudiarem és la quantitat de greixos presents en un producte específic, concretament usarem una mostra de fruits secs, un dels aliments amb major valor energètic dels que compta la nostra alimentació.

Per tal de poder quantificar els greixos o lípids presents en aquest tipus d'aliment usarem un sistema d'extracció en continu a escala de laboratori, l'anomenat extractor soxhlet.

L'extractor Soxhlet és un tipus de material de vidre de pirex usat per a l'extracció de compostos. Va ser inventat per Franz von Soxhlet, químic especialitzat en la química dels aliments, el qual el va utilitzar en múltiples dels seus experiments.

El principi de funcionament d'aquest muntatge, consisteix en realitzar un seguit de cicles d'extraccions de manera automàtica, reutilitzant el mateix solvent una i altre vegada, el qual és evaporat a la part inferior del muntatge i condensat a la part alta del mateix, fent així que el dissolvent arribi sempre pur al material a dissoldre. Aquest sistema així depèn directament del

solut i el solvent amb el que treballem, i de la temperatura d'ebullició d'aquest segon, la qual no pot ser mai inferior a la temperatura d'ebullició del solut. El seu principal ús és per fer extraccions de soluts orgànics, és per això que en la majoria de casos com a dissolvent s'usen hidrocarburs com és el cas de l'eter, l'eter de petroli, l'etanol o el benzè entre molts d'altres.

Les parts d'aquest extractor són les següents:

- Font de calor:

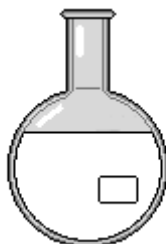
Aquest extractor treballa amb processos a temperatures superiors a la ambient, fet que requereix d'un sistema calefactor per tal d'aplicar-hi l'energia necessària per tal d'evaporar el solvent usat. Les fonts de calor més comunes al laboratori són les plaques calefactores i els becs de bunsen.



*Il·lustració 95: Fonts de calor, a l'esquerra una placa calefactora a la dreta un bec bunsen. Font: (288) i (165).*

- Balo d'ebullició:

És el matràs esferic, on es col·loca el dissolvent. La font de calor actua directament sobre el balo, fent que el dissolvent entri en ebullició i en estat gasos passi cap a la resta del cos del soxhlet, un cop ha condensat i ha passat per sobre la mostra sòlida, el dissolvent torna a caure per acció d'un sistema de sifó dins del baló, aquest és el punt en que considerem que el cicle ha concluit i on s'inicia el següent cicle d'evaporació.



*Il·lustració 96: Baló d'ebullició. Font: Pròpia.*

- Cartutx:

És l'espai on es diposita la mostra sòlida, consisteix d'un cilindre de base semiesfèrica obert per l'altre extrem. Aquest és fet d'un material porós per tal de deixar passar el dissolvent amb l'extracte, mantenint el residu en el seu interior. Per tal d'evitar que el sòlid surti del seu interior es tapona amb un gruix de llana de vidre per l'extrem amb l'obertura.



*Il·lustració 97: Cartutx de Soxhlet. Font: (164)*



- Tub refrigerant:

És un aparell d'intercanvi de calor, solen ser dos tubs concèntrics o un d'ells en forma de serpentin, per on el vapor arriba per un dels seus extrems i queda atrapat en el seu interior, mentre que per l'interior de l'altre tub hi fem circular un líquid a baixa temperatura, el qual sols ser aigua de la xarxa. El contacte d'ambdós fluids a través de la pared fa que el fluid inicialment calent, en forma de vapor condensi caient així gota a gota cap al interior del tub del soxhlet.



*Il·lustració 98: Tubs refrigerants. Font:(265)*

- Tub soxhlet:

És un tub cilíndric amb una embocadura esmerilada i un tub de sífó, protegit per el tub per on passa el vapor. La part inferior de l'extractor acaba amb una embocadura esmerilada per tal d'adaptar-se a l'amplada del tub extractor. Aquest espai s'utilitza per que el condensat caigui sobre de la mostra i així generar els cicles d'extracció del solut.



*Il·lustració 99: Cos del soxhlet. Font:(40)*

- Sifó: és un petit tub el qual evita que el dissolvent que ha passat per sobre la mostra pugui retornar al balo d'ebullició abans d'arribar a certa alçada, on a partir de pressions es descarrega per complet el cos del soxhlet, enviant així la totalitat del conjunt dissolvent-solut cap al dipòsit d'evaporació.

Aquest aparell ens permet fer extraccions d'una mostra sòlida amb un dissolvent líquid, el qual segueix un conjunt de cicles, creant un corrent de reflux, i així obtenint cada cop una mostra cada cicle, amb menor concentració del nostre producte d'interès i obtenint un conjunt de dissolvent-residu on la presencia del producte a extreure serà cada cop major.

Per fer-ho s'escalfa el matràs on hi ha el dissolvent, portant-lo a ebullició de forma que el vapor pugi fins a la part superior del muntatge del soxhlet, on es troba amb un tub refrigerant, el qual el fa condensar, caient el dissolvent sobre el cartutx amb la mostra prèviament assecada, i arrossegant amb ell el producte d'interès a la mostra.

El dissolvent s'acumula dins del cos del soxhlet, fins arribar a certa alçada on a causa de la pressió dins del muntatge, és recuperat cap al matràs esfèric o dipòsit de dissolvent, per un corrent de sifó. Acabant així cadascun dels seus cicles. L'operació es repeteix el nombre de cicles que es cregui convenient o el que marqui el mètode emprat. Podeu veure la descarrega de dissolvent en el següent enllaç: <https://youtu.be/EzyKoLuXYpY>

### III. Informe de la pràctica

#### **Objectiu**

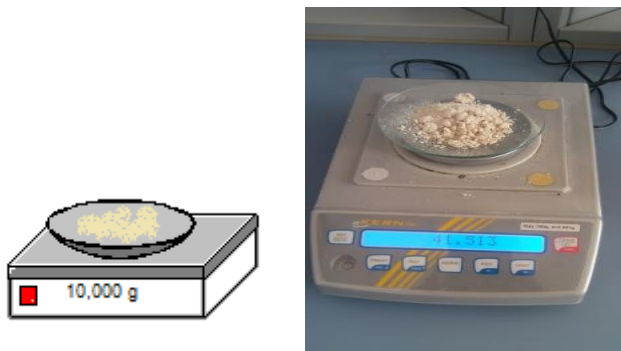
Preparar la mostra i obtenir a partir de l'ús d'un Soxhlet el sucre contingut en greixos d'una mostra alimentària.

#### **Material**

- 1 Baló
- 1 Tub refrigerant
- Calefactor
- 1 Suport llarg amb anella i dues pinces
- 1 Cos del soxhlet
- 2 tubs de goma
- Porcellana porosa
- 1 Cartutx de paper per a soxhlet
- 1 Vidre de rellotge
- 1 Comptagotes
- Tap de llana de vidre
- Rotavapor
- Èter de petroli
- Mostra de fruit sec

#### **Procediment**

1. Pesem la mostra de fruit sec pel morter i en mesurem la massa, agafarem una mostra de 10 g.

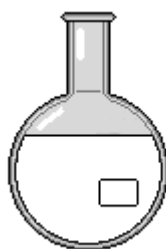


*Il·lustració 100: Esquema i fotografia de la mesura de la massa de fruit sec a extreure'n i quantificar els greixos. Font: Pròpia.*

Deixar la mostra 10 min al forn de convecció per extreure'n l'aigua i tornar a pesar, fer aquest procediment fins a pesada constant

$$\text{Mostra seca} = 9,169g$$

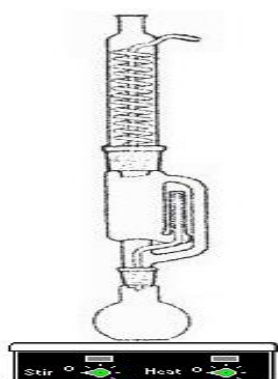
2. Col·locar 10,0g de mostra en el tub de paper del soxhlet, i col·locar a la seva posició en l'extractor.
3. Pesar baló amb i sense dissolvent Omplir el baló amb el dissolvent , fins a la meitat de la seva capacitat.



*Il·lustració 101: Esquema del baló amb el dissolvent introduït. Font: Pròpia.*

4. Connectar el sistema de refrigeració del soxhlet, amb l'entrada i sortida del refrigerant (aigua).

5. El dissolvent del matràs s'escalfa fins a l'ebullició, els vapors arriben a través d'una tubuladura lateral al refrigerant, es condensen i cauen al fons de la cambra d'extracció. Quan puja el nivell de dissolvent a la cambra d'extracció, va mullant el cartutx amb la mescla sòlida. El dissolvent, en contacte amb la mescla sòlida, n'extreu el compost desitjat, quan el líquid de la cambra d'extracció assoleix un determinat nivell, és forçat automàticament per un efecte sifó a passar de la cambra d'extracció al matràs inicial, amb una part del producte desitjat, i la cambra queda de nou sense dissolvent. El dissolvent es destil·la des de la dissolució que hi ha al matràs i es condensa a la cambra; es repeteix el procés d'extracció amb nou dissolvent.



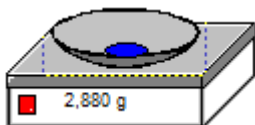
Il·lustració 102: Esquema i fotografia del muntatge del extractor Soxhlet. Font: Pròpia.

6. Deixar repetir el procés fins a extracció completa, un cop passats una sèrie de cicles es para l'extractor i es mesura la massa del baló novament.
7. Un cop finalitzada l'extracció amb el soxhlet, es traspasa aquest al rotavapor per tal de concentrar al màxim possible la dissolució de greixos extrets de la mostra de fruits secs. I així recuperar part del dissolvent.



Il·lustració 103: Fotografia del rotavapor. Font: Pròpia.

8. Un cop assecat el residu sec procedim a la mesura de la massa restant.



*Il·lustració 104: Esquema de la mesura de la massa de sòlid restant després de l'extracció de greixos. Font: Pròpia.*

$$\text{Massa restant} = 2,880g$$

**Qüestions**

- 1. Determinar la quantitat de greix extret de la mostra a partir de la diferència de massa inicial i final d'aquesta**

$$\begin{aligned}\% \text{ de greix} &= \frac{(\text{massa inicial} - \text{massa final})}{\text{massa inicial}} \cdot 100 = \frac{9,169g - 2,880g}{9,169g} \cdot 100 \\ &= 68,58\% \text{ de greixos}\end{aligned}$$

*Equació 39: Càlcul del tant per cent de greixos presents a la mostra de fruit sec.*

- 2. Per què és important la preparació de la mostra a extreure? En el cas que ens ocupa quins són els passos a seguir abans d'iniciar l'extracció des de la rebuda de la matèria primera.**

En el cas que hem tractat, la preparació de la mostra és un dels passos importants. Ja que el procés de quantificació de greixos presents en un producte alimentari, és una de les característiques que es mostren a l'hora de classificar-los i les quals trobem als paquets a les zones de característiques nutricionals.

És per això que cal tenir una mostra prèviament assecada per tal de no comptabilitzar l'aigua continguda en aquest, ja que els valor nutricionals i energètics dels aliments es donen per norma com a valors per cada 100g o per cada 1 kg de pes sec.

## **Conclusions**

En aquesta experiència hem pogut comprovar l'ús d'un procés d'extracció en continu, utilitzant un extractor soxhlet per aconseguir els nostres resultats.

L'extracció de greixos d'una mostra sòlida ha estat possible gràcies a una de les seves característiques, la qual el fa soluble en hidrocarburs com és l'èter de petroli, el qual ens dissol només els lípids presents a la mostra, en el cas que ens ocupa una mostra seca de nous.

Comparant els resultats obtinguts amb les dades donades pel productor d'aquest aliment a la seva fitxa nutricional veiem que el valor que ens dona el fabricant és de 65g de greixos per cada 100g de producte sec, la nostra experiència ens ha mostrat que la quantitat de greixos que hem pogut extreure de la mostra és de 68,58g per cada 100g de producte sec, valor molt proper al que el productor i envasador del aliment, o l'empresa encarregada de la seva caracterització ens dona.

Les comprovacions de les característiques dels productes de consum és també un dels processos on la figura de l'enginyer químic hi és present dins de la indústria alimentaria, per tal d'assegurar que és compleixen les especificacions per fer-los aptes per al seu consum.

L'ús del rotavapor ens serveix per, un cop separats els greixos, recuperar gran part del dissolvent usat i així evitar despeses, fent el procés d'anàlisi menys costos per a les empreses encarregades d'aquest.

Aquesta pràctica va ser pensada per a simular el procés d'extracció i obtenció de sucre a partir de la remolatxa sucrera. Procés per al que s'obté gran part del sucre consumit als països europeus. El primer impediment amb el que ens vam trobar va ser l'obtenció del substrat el qual no es pot comprar al detall, i només es va trobar per a la seva compra mínima de 5000Kg. Un cop arribats a aquest punt es va estudiar un substitut de la planta, i es va trobar que la arrel de la remolatxa sucrera compartia família amb l'arrel de la blada comuna, després de comprovar-ne el contingut de sucres de la planta es va intentar realitzar l'extracció amb el soxhlet seguint i adaptant el procés industrial d'extracció de sucres, on va sorgir la segona problemàtica, ja que el procés es realitza usant aigua com a dissolvent. El punt d'ebullició de l'aigua a pressió atmosfèrica. El problema que va sorgir era que aquest dissolvent condenses abans d'arribar al dipòsit del soxhlet impeding així que el dissolvent passes per sobre del aliment i no pogués arribar a fer la descarrega a partir del sífó. Finalment es va optar per l'experiència realitzada ja que vaig considerar que l'interès de la pràctica residia en poder veure un sistema en continu com el que realitza aquest tipus d'extractor, redefinint així



l'experiència per tal de que els alumnes poguessin veure un altre tipus de processos diferents als que poden veure a les practiques de laboratori que es donen en alguns centres de batxillerat.

#### 4.5- Processos de control mediambiental

Un dels principals problemes de la indústria química són els residus que generen en els processos, i que acaben mesclats en els cabals d'aigua usats a la indústria, ja sigui per la neteja de la maquinaria, per a l'ús del propi procés (fluxos de rebuig) o per petits vessaments que produeixin alguns processos.

Per tal de eliminar alguns dels residus dissolts en els corrents d'aigua, abans de reenviar aquesta als rius, fa falta fer un tractament de neteja de compostos. Per això moltes de les empreses tenen un sistema de depuració d'aigües residuals, previ al col·lector d'aigües residuals.

En l'actualitat el control de residus és una de les tasques on els enginyers de les diferents indústries hi han de posar més esforços ja que per a aquestes suposa un cost addicional el qual no produeix, en la majoria de casos, cap producte del qual després en puguin treure un benefici, però per contra la legislació aplica considerables sancions en el cas de que els afluents de residus sobrepassin les taxes marcades per la legalitat vigent.

En aquest apartat tractarem aquesta problemàtica, on en veurem dos casos, el cas en el que tenim líquids dissolts en els afluents els quals són contaminants o perjudicials per al medi i el cas de tenir partícules sòlides en suspensió en els afluents.

#### **4.5.1- Determinació i eliminació de polifenols en aigües residuals- *Determinació de l'alçada necessària de filtres de carbó actiu per a la completa eliminació dels polifenols presents a les mostres.***

##### **I. Informació per al docent**

El temps de realització d'aquesta pràctica és de 2h i 30 min, degut en gran part que la reacció necessària per a la determinació de polifenols necessita de una hora per tal que sigui completa, també cal tenir en compte que la majoria dels reactius cal que siguin preparats amb anterioritat per el docent a càrrec per tal d'evitar errors en la seva preparació i així que no donguin resultats erronis. Per tal d'optimitzar el temps al laboratori cal que l'alumne prepari les mostres i durant el temps de reacció aquest es dediqui a preparar els filtres de carbó actiu per poder minimitzar al màxim els temps d'espera.

##### **II. Fonament teòric**

Un dels problemes dels residus presents al afluent de la indústria és la seva separació de l'aigua abans del retorn d'aquesta a la xarxa fluvial. En alguns casos a causa de la solubilitat de certs productes, i la seva perillositat per al medi, fa d'especial importància la separació d'aquests i la seva retenció per tal d'evitar desastres mediambientals.

El la practica que continua treballarem un procés de filtració de polifenols dissolts en aigua amb l'ús de filtres de carbó actiu i comprovarem la seva eficàcia amb l'ús de mètodes espectrofotomètrics usant l'espectròmetre d'UV-visible.

Els fenols o compostos fenòlics són molècules orgàniques que es troben en plantes i es caracteritzen per la presència de més d'un grup fenol per molècula. Són generalment subdividits en tanins hidrolitzables (esters d'àcid gàl·lic, de glucosa i altres sucres) i fenil propanoides, com la lignina, i tanins condensats. Aquests productes consisteixen en un anell de benzè amb grups hidroxil.

Aquests productes tenen com a característica que alliberades a la natura en altes concentracions, causen problemes en el medi natural, a causa de les seves característiques com a irritant i cancerigen en el pitjor dels casos. És per això que és tant important la seva detecció i eliminació del medi aquàtic, on és més fàcil trobar-ne vessaments a causa de la pràctica industrial, principalment d'alguns processos de la indústria alimentària on apareixen com a subproductes, com en el cas de la producció de begudes alcoholiques i olis o en el procés de destil·lació de les fraccions del petroli.

En aquesta pràctica tractarem l'aigua contaminada amb fenols per filtració amb carbó actiu. Aquest material reté els contaminants orgànics a la seva superfície i purifica l'aigua. El carbó actiu és un material que s'usa en processos d'adsorció. La adsorció es un procés on un sòlid s'usa per tal d'eliminar una substància soluble en aigua. El carbó actiu fa el paper de sòlid en molts processos d'adsorció, usats per eliminar contaminants de l'aigua, aquest material té com a característica la seva gran superfície interna, fet que augmenta l'àrea de contacte amb l'aigua i donant la capacitat d'adsorbir una major quantitat de material dissolt. Aquest el solem trobar en forma de pols (PAC) i en forma de grànuls (GAC), aquest segon format usat sobretot en els sistemes de tractament d'aigües, per eliminar substàncies alogenades, substàncies apolars com els fenols i altres substàncies no solubles en aigua.

Alguns dels processos on és usat són en la depuració d'aigües subterrànies, la eliminació de clor de l'aigua, la depuració d'aigües de piscines i el refinat d'aigües residuals tractades.

Les aigües que son tractades amb carbó actiu son passades per columnes d'adsorció, aquestes consisteixen en una columna, amb una certa alçada de llit de carbó actiu en el seu interior, on l'aigua ha de passar a través d'aquest material, augmentant així l'àrea de contacte entre les molècules d'aigua i les partícules de carbó actiu, fent que s'adhereixin les molècules dels contaminants a les partícules d'aquest compost, i quedant retingudes, obtenint a la sortida un efluent amb una menor concentració de contaminants.

El mètode emprat per a avaluar l'eficàcia del tractament, a partir de la concentració de fenols en l'aigua abans i després d'aquest amb l'ús de la tècnica d'espectroscòpia ultraviolat-visible, que ens marca el mètode de Folin-Ciocalteu.

Aquest mètode colorimètric es basa en la reacció de polifenols en un medi alcalí, amb una mescla d'àcid fosfomolibdic ( $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ ) i àcid fosfotúngstic ( $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ ), la mescla d'ambdós forma el que anomenem reactiu de Folin. El resultat de la reacció d'aquest amb les mostres on hi ha presents polifenols, és l'aparició d'una coloració blava la qual absorbeix la llum blava a 765nm.

El mètode té una sensibilitat elevada i ens permet mesurar continguts fenòlics compresos entre 1mg/l i 50mg/l. Hem de tenir en compte que els diferents compostos analitzables presenten diferents coeficients de extinció molar, així mateix, també hem de tenir en compte que molts compostos reductors són també reactius, com el ferro II, bisulfit, sulfur, cianur, nitrat, fructosa, amines, entre d'altres. Per al que hem de tenir en compte la possible presència d'interferències.

### III. Informe de la pràctica

#### **Objectiu**

Determinar la presència de polifenols presents en una mostra líquida a partir de mètodes colorimètrics, usant l'espectrometre de llum UV-visible i seguiment de l'evolució al llarg d'una columna de diferents alçades.

#### **Material i reactius**

Àcid gàl·lic al 0,45% (p/v)

Aigua destil·lada

Reactiu de Folín-Ciocalteu, (reactiu per a fenol)

Vasos de precipitats de 100 mL

Carbó actiu F400

1 Matràs aforat de 50 ml

12 Matrassos de 25 ml

5 Erlenmeyers 50ml

Llana de vidre

Pipetes de Pasteur

Pipetes aforades de 1, 2, 3, 5 i 10ml

Espectrofotòmetre de llum ultraviolat-visible i cubetes

Carbonat de sodi 20% (m/v)

Espàtula

Balança

Suports i pinces

Proveta de 10ml

Comptagotes i pipetejador

5 tubs d'assaig

Gradeta

5 filtres i 5 xeringues

Vidres de rellotge

### **Procediment**

#### **a- Corba de calibratge**

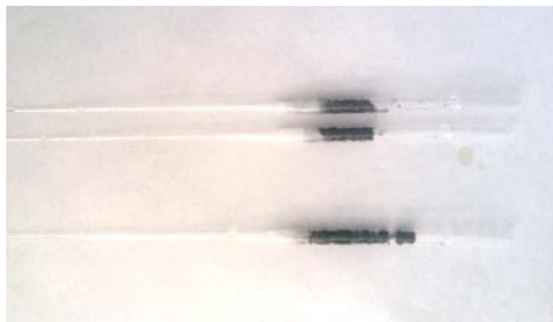
1. Mesurem 1 mL de solució d'àcid gàl·lic 0,45% i es porten a 50mL en un matràs aforat, amb aigua desionitzada. Aquesta solució s'anomenarà S1.
2. De la solució S1, es prenen 1, 2, 3, 4, i 5mL i es porten a matrassos aforats de 25mL.
3. Afegir a cada matràs de 25mL en el següent ordre, 10 mL d'aigua desionitzada, 1mL de reactiu de Folin-Ciocalteu i 3 mL de carbonat de sodi al 20%, finalment s'enrasa amb aigua destil·lada.
4. Es prepara un blank (solució de referencia) de la mateixa forma, però substituint la solució d'àcid gàl·lic per 1mL d'aigua desionitzada.
5. A continuació es guarden les solucions en un lloc sense llum, ja que la reacció és fotosensible, i es veu afectada per la radiació solar, i es deixa reposar durant 1h.
6. Un cop passat aquest període de temps es determina l'absorbància a 765nm (amb l'ajuda del personal de laboratori useu l'espectròmetre d'UV-vis).
7. Determinar la regressió lineal entre concentració d'àcid gàl·lic i absorbància.



*Il·lustració 105: mostres d'aigües a analitzar un cop passat el temps de reacció del procés de Folin-Ciocalteu.  
Font: Pròpia.*

**b- Tractament amb carbó activat**

1. Preparar els filtres de carbó actiu en les pipetes Pasteur, col·locant gruixos de 2, 3 i 4 cm de carbó actiu sobre llana de vidre dins d'aquestes.



*Il·lustració 106: Pipetes pasteur amb diferents alçades de filtre de carbó actiu F440 preparat*

2. Col·locar les pipetes amb les pinces i els suports, a continuació agafar amb les xeringues 10mL de les solucions problema, i es passen per els diferents gruixos de filtres obtenint tres noves solucions  $M_2$ ,  $M_3$  i  $M_4$ . Les quals correspondran a les solucions passades pels filtres de 2,3 i 4 cm de carbó activat respectivament. Finalment agafarem 10mL de la solució  $M_1$  creant la mostra  $M_5$  sent aquesta la mostra sense filtrar per tal de comprovar l'efectivitat del mètode.
3. Després de la filtració apliquem a les mostres obtingudes el mètode de Folín-Ciocalteau, seguint el procediment per a la determinació de fenols descrit en l'apartat anterior.
4. Amb l'ús de la recta de calibratge obtinguda i les lectures de les mostres d'aigua contaminada determinar les concentracions de fenols presents en les diferents mostres filtrades.

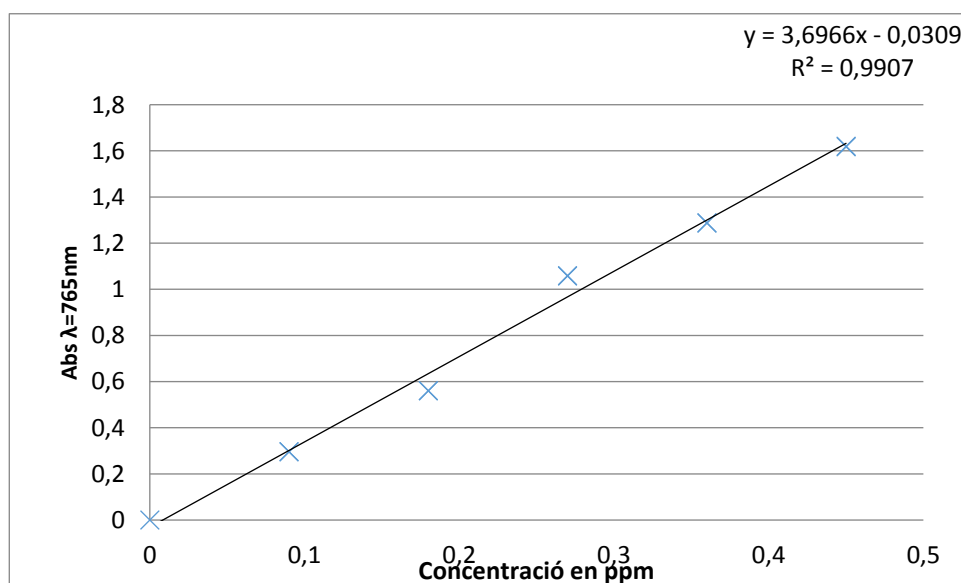
**Obtenció de dades**

Per a l'obtenció de les absorbàncies usarem l'espectrofotòmetre d'ultraviolat visible, aquest aparell ens mostra les absorbàncies de les mostres al incidir-hi un feix de llum. Com que l'aparell disposa d'un monocromador podem determinar la freqüència d'emissió de la llum, en aquest cas la nostra font de radiació serà una bombeta de tungstè, que emetrà a 765nm. Els resultats obtinguts es mostren a la següent taula: espectrofotòmetre UV (usant zona del visible).

Mostres	Concentracions (mL)	Concentracions (ppm)	Absorbància (A) $\lambda = 765\text{nm}$	Absorbància (A) $\lambda = 765\text{nm}$ rectificada
Blank	0	0	-0,0167	0
S1	1	0,09	0,2792	0,2959
S1'	1	0,09	0,2787	0,2954
S2	2	0,18	0,5432	0,5599
S2'	2	0,18	0,5439	0,5606
S3	3	0,27	1,0406	1,0573
S3'	3	0,27	1,0423	1,059
S4	4	0,36	1,2700	1,2867
S4'	4	0,36	1,2716	1,2883
S5	5	0,45	1,6009	1,6176
S5'	5	0,45	1,6031	1,6198

Taula 29: Taula de dades de concentracions i absorbàncies mesurades de les diferents mostres per duplicat.

A partir de les dades obtingudes generarem la nostra corba de calibratge avaluant el l'absorbància en funció de la concentració en ppm de fenols obtenim la següent corba:



Il·lustració 107: Representació gràfica de la recta de calibratge obtinguda amb les dades de la Taula 32.



Com podem veure la recta de calibratge té un coeficient de regressió de 0,99, per al que podem considerar com a correcte. Per tant podem determinar que la relació entre la concentració de fenols i l'absorbància obtinguda de cadascuna de les solucions va donada per l'equació de la recta:

$$Abs = 3,6966 \cdot Concentració - 0,0309$$

*Equació 40: Equació de la recta de la recta de calibratge*

Un cop tenim feta la recta dels patrons analitzarem les mostres d'aigües filtrades amb el mateix mètode, obtenint les següents absorbàncies:

Mostra a analitzar	Abs	Filtre
M <sub>2</sub>	0,1749	Carbó actiu (2cm)
M <sub>2</sub> '	0,1200	Carbó actiu (2cm)
M <sub>3</sub>	0,1172	Carbó Actiu (3cm)
M <sub>3</sub> '	0,0959	Carbó Actiu (3cm)
M <sub>4</sub>	0,0116	Carbó Actiu (4 cm)
M <sub>4</sub> '	0,0216	Carbó Actiu (4cm)
M <sub>5</sub>	0,2543	sense filtrar
M <sub>5</sub> '	0,2546	Sense filtrar
blanc	0,0000	Cap
Blanc 2	0,0001	Cap

*Taula 30: Absorbàncies mesurades per a les diferents mostres un cop tractades i passades pels diferents gruixos de filtre de carbó actiu. Cada mostra es mesura la seva absorbància per duplicat.*

A partir de l'equació obtinguda amb la recta de calibratge dels patrons, podem determinar les concentracions obtingudes en les diferents mostres, i al comparar-les amb la mostra M<sub>5</sub> (sense procés de filtració) podem determinar com funcionen aquestes operacions de separació.

Aïllant de la equació de la recta, la concentració i usant els valor d'absorbància obtinguts a les diferents mostres ( $M_2$  a  $M_5$ ), aïllant la concentració de l'equació de la recta de calibratge i substituint el valor d'absorbància obtingut.

$$\text{Concentració [ppm]} = \frac{\text{Abs} + 0,0309}{3,6966}$$

*Equació 41: Càlcul de les concentracions, per les absorbàncies obtingudes de les diferents mostres, usant la recta de calibratge.*

obtenint els següents resultats de concentracions de filtratge

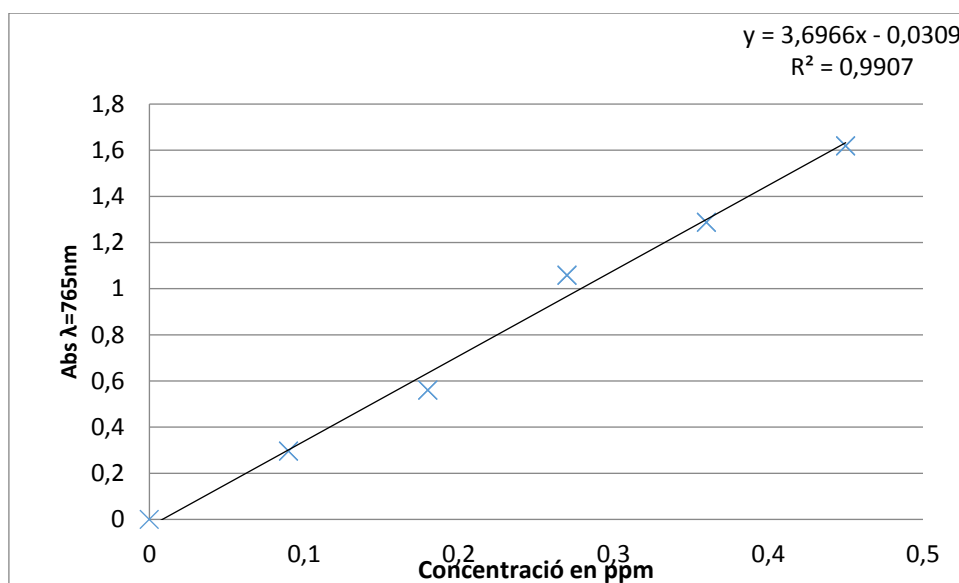
Mostra a analitzar	Abs	Filtre	Concentració [ppm]
$M_2$	0,1749	Carbó actiu (2cm)	0,0557
$M_2'$	0,1200	Carbó actiu (2cm)	0,0408
$M_3$	0,1172	Carbó Actiu (3cm)	0,0401
$M_3'$	0,0959	Carbó Actiu (3cm)	0,0343
$M_4$	0,0116	Carbó Actiu (4 cm)	0,0115
$M_4'$	0,0216	Carbó Actiu (4cm)	0,0142
$M_5$	0,2543	sense filtrar	0,0772
$M_5'$	0,2546	Sense filtrar	0,0772
blanc	0,0000	Cap	0,0084

*Taula 31: Resultats obtinguts de concentració en ppm de l'equació 43, per a cada mostra.*

### Qüestions

- 1- Determineu les diferents corbes de calibratge d'absorbància i concentració per a les diferents mostres tractades amb el mètode de Folin- Ciocalteau.

A partir de les dades obtingudes generarem la nostra corba de calibratge avaluant el l'absorbància en funció de la concentració en ppm de fenols obtenim la següent corba:



Il·lustració 108: Representació gràfica de la recta de calibratge. Font: Pròpia.

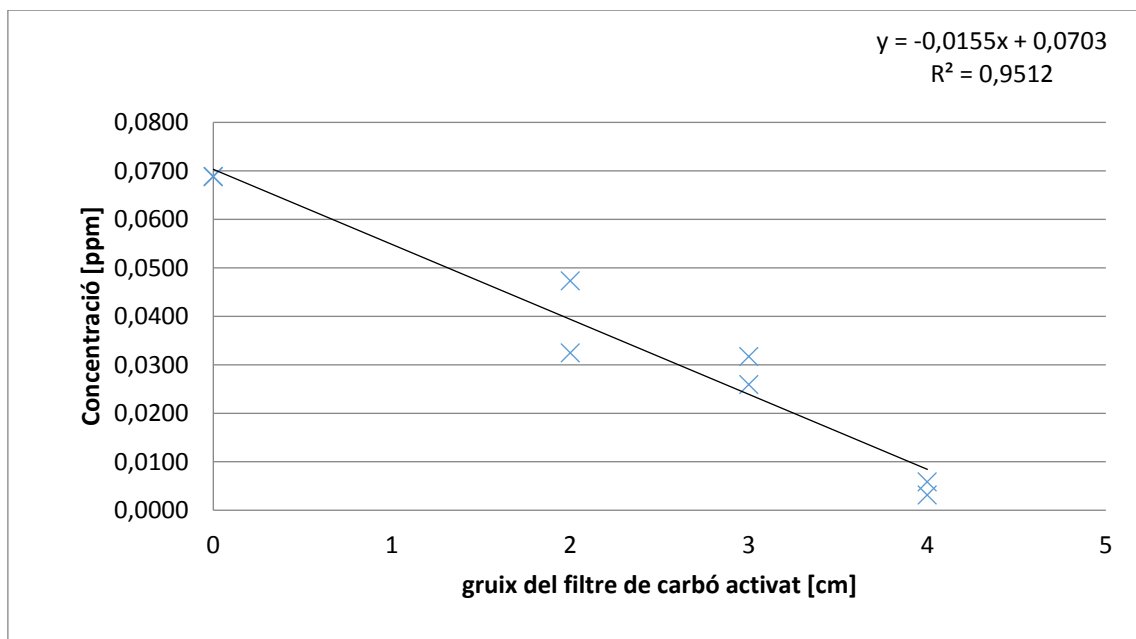
Tal i com podem veure la absorbància ve donada per una relació entre aquesta i la concentració present a les diferents solucions les quals ve determinada per l'equació de la recta següent:

$$Abs = 3,6966 \cdot Concentració - 0,0309$$

Equació 42: Equació de la recta de calibratge obtinguda.

Així doncs coneixem una relació amb la qual podem saber la concentració de polifenols usant el mètode de Folin-Ciocalteau coneixent-ne únicament l'absorbància donada a 765nm.

**2- Determineu el % de polifenols retinguts per els diferents gruixos de filtres de carbó activat.**



*Il·lustració 109: Representació gràfica de la concentració de les solucions tractades en funció del gruix de filtre de carbó activat F440. Font: Pròpia.*

Com podem observar la concentració de polifenols presents a les diferents mostres es veu reduïda en funció al gruix de carbó actiu dels diferents filtres, fent així que vingui donada per la següent equació de la recta:

$$\text{Concentració [ppm]} = -0,015 \cdot \text{alçada de llit de carbó actiu} + 0,0703$$

*Equació 43: Equació de la recta de concentracions en funció del gruix dels filtres de carbó actiu.*

Si comparem els diferents resultats obtinguts per cada gruix amb la mostra sense filtrar obtenim el següents percentatges d'eliminació de polifenols en l'aigua residual mostra:

$$\% \text{ de reducció de polifenols} = \frac{[\text{Aigua sense filtrar}] - [\text{Aigua filtrada}]}{[\text{Aigua sense filtrar}]} \cdot 100$$

*Equació 44: Tant per cent de reducció de polifenols diluïts en l'aigua després de la filtració.*

Sent així per a cada gruix el següent percentatge de filtració:

Gruix del filtre (cm)	Concentració (ppm)	% de reducció de polifenols
2	0,0473	31,30
2	0,0325	52,87
3	0,0317	53,97
3	0,0259	62,33
4	0,0031	95,44
4	0,0058	91,52

Taula 32: Resultats obtinguts de les equacions 45 i 46, ordenats per gruix de filtre usat.

**Conclusions**

Els filtres de carbó actiu són un dels mètodes usats per a la eliminació de molts compostos solubles en aigua. La importància dels filtres a la indústria és molt elevada, tant per al que fa a les entrades d'aigua per als processos, per tal d'evitar possibles contaminacions a les cadenes de producció dels diferents productes com per al que fa als efluents d'aquests processos. Ja que les normatives mediambientals actuals mantenen uns nivells de seguretat per al medi, els quals són controlats periòdicament per a organitzacions governamentals i externes a les empreses del sector. Per tant és un dels punts importants a tenir en compte a la indústria, a part per els beneficis mediambientals que suposa, per a les possibles sancions que des dels diferents governs les quals van emmarcades dins del camp de la legislació vigent en matèria de medi ambient.

Com hem pogut observar en aquesta experiència l'efectivitat d'aquest tipus de filtre s'incrementa en funció augmenta l'alçada del llit de carbó actiu present, fent que obtenim prop del 95% d'eliminació de polifenols presents en l'aigua amb filtres de 4cm de gruix. Gràcies al fet que hem avaluat les mateixes mostres amb diferents gruixos, podem determinar l'adsorció de polifenols en llits de carbó actiu, de forma com si haguessim treballat amb una columna d'adsorció, avaluant les concentracions d'aquests contaminants a diferents alçades i determinant així l'alçada òptima de llit de carbó actiu per a la seva completa eliminació.

Com a comentari remarcar que el mètode de Folín-Ciocalteau, és un mètode molt útil però a la vegada complicat per el fet de que el seu reactiu és fotosensible.

#### 4.5.2 Efecte dels floculants en l'eliminació de partícules en suspensió en aigües residuals per decantació - Test de gerres.

##### I. Informació per al docent

La practica proposada a continuació necessita de 1h i 30 minuts per ser feta en la seva totalitat, incloent els temps d'agitació i espera marcats en el procediment del test de gerres. Cal tenir en compte que els agitadors han de ser colocats tant a prop com sigui possible del espectrometre de UV-visible, per tal d'evitar que els fangs un cop precipitats es tornin a mesclar amb l'aigua i que tornin a quedar en suspensió en aquest medi.

##### II. Fonament teòric

Els residus sòlids tenen més facilitat per a ser eliminats, a partir de sistemes de filtració. Però alguns compostos solubles es fan més difícils de separar, per això s'usen sistemes de precipitació de sòlids dissolts.

Per ajudar a la precipitació en ocasions ens ajudem d'un seguit de compostos anomenats floculant, els quals produeix que s'ajunten les partícules dissoltes en forma de coàguls amb acció de l'agitació.

Per a fer el disseny del sistema de floculació més adient per a un tipus de residu, a escala de laboratori, el procés més comú és el test de gerres.

L'objectiu d'aquest test és realitzar un seguit d'assajos de coagulació-floculació a diferents mostres d'aigua, ja sigui potable, residual o industrial. On a partir dels resultats obtinguts es podrà determinar el millor sistema de tractament per al afluent en qüestió així elegint-ne les condicions de tractament i les dosis de reactius necessaris per a cada aplicació en concret.

Els tractaments físic-químics tenen una sèrie d'objectius a assolir dels que es destaquen:

- Aigües residuals:
  - Reducció de sòlids i matèria orgànica (DQO i DBO) com alternativa als tractaments biològics.
  - L'estabilització de carregues contaminants per a controlar l'entrada als tractaments biològics.
  - Reducció de contaminants industrials no biodegradables.
  - Eliminació de fòsfor.
  - Espessiment dels llots.

- Aigües potables:

- Eliminació de color, olor, terbolesa, o altres característiques visuals no desitjades de les aigües dels rius i embassaments.
- Eliminació de la duresa d'aigües potables o de calderes.

Per això s'usen les operacions de Coagulació i floculació.

Les aigües potables o residuals, en diferent mesura, contenen materials suspesos, els quals són sòlids que poden arribar a sedimentar si es deixen en repòs o sòlids els quals els costa molt sedimentar. Una part d'aquests sòlids que no sedimenten fàcilment són anomenats col·loides.

En els col·loides cada partícula es troba, estabilitzada per una sèrie de càrregues del mateix signe sobre la seva superfície, fent que dues partícules es repelin com si fossin pols magnètics del mateix signe. Donat aquest fet, es dona l'impediment del xoc entre elles, i que a l'hora formin masses majors, anomenades flòculs, i que aquests no siguin capaços de sedimentar. Les operacions de coagulació i floculació tenen com a objectiu desestabilitzar els col·loides i així aconseguir la seva sedimentació. Això s'aconsegueix generalment per l'acció d'additius químics i aplicant energia mecànica al mesclar-los.

Cal remarcar les diferències entre els termes de floculació i coagulació, ja que poden ser fàcilment confosos, ja que normalment es duen a terme ambdues reaccions de forma simultània, així doncs entenem:

Coagulació: Desestabilització d'un col·loide produïda per la eliminació de les dobles capes elèctriques que voregen a totes les partícules col·loïdals, amb la formació de nuclis microscòpics.

Floculació: Aglomeració de partícules desestabilitzades primerament amb micro flòculs i posteriorment en aglomerats de major volum, anomenats flòculs.

Per tant la precipitació d'un col·loide ens implica dues etapes:

1. La desestabilització
2. El transport de nuclis microscòpics per a la formació d'agregats de major densitat, usant la teoria de transport de la mecànica de fluxos.



Aquestes etapes, a l'hora venen donades per tres seqüències:

- i. La creació del col·loide, aquestes espècies es troben a les aigües superficials i residuals i inclouen, argiles, silici, ferro, metalls pesats, coloracions o sòlids orgànics com podrien ser restes d'animals.

Tot i que s'han fet diverses teories sobre la creació d'aquests flòculs, per tals de descriure les repulsions entre partícules col·loïdals, les úniques característiques que tenen en compte per a definir aquests sistemes és la magnitud de càrrega i la naturalesa d'aquesta. La càrrega que rodeja el col·loide, per tant, ens determinarà la proximitat de les partícules.

El potencial és una mesura d'aquesta força de repulsió. Per als col·loïdes que trobem en fonts naturals d'aigua, aquest oscil·la entre -15 i -30 mV, (amb pH de 5-8). Com més gran és aquest potencial en valor absolut, més elevada és la càrrega de la partícula. A mesura que aquest potencial disminueix les partícules poden anar-se aproximant, augmentant així la probabilitat d'una col·lisió entre elles. Els coagulants són els encarregats de proporcionar càrregues de signe contrari per tal d'eliminar aquests potencials. Aquest fenomen es dona a terme a potencials petits, i no cal que s'arribi a la seva neutralització és per això que una saturació de coagulant el que ocasionaria seria la càrrega de signe contrari de les partícules en qüestió i així tornant-se a dissipar.

- ii- Per a completar la addició del coagulant és necessari el mesclat, per a tal de destruir la estabilitat del sistema col·loïdal, i per que les partícules s'aglomerin, per això cal que aquestes col·lisionin entre elles. Per això cal addicionar energia amb el mesclat. Un mesclat de gran intensitat el qual distribueixi el coagulant i promogui les col·lisions ràpides és el més efectiu.

- iii- Un cop addicionat el coagulant i realitzada la operació de coagulació, es passa a la formació de flòculs de major mida. Com que hi ha la possibilitat de que la mida del flòcul no sigui suficient com per que aquest s'assenti amb la rapidesa desitjada és convenient usar alguns productes, anomenats floculant.

Un floculant reuneix les partícules en una xarxa, formant ponts entre superfícies, i enllaçant així partícules en aglomerats. La floculació és estimulada per un mesclat lent que ajunta poc a poc els flòculs. Ja que un mesclat massa intens els trencaria i en pocs casos ens tornarien a la seva mida i força òptims. Una bona floculació ens afavorirà els posteriors tractaments de dessecació o filtració.



*Il·lustració 110- Mostra de fangs en suspensió on podem veure algunes partícules en ple procés de floculació  
Font: Pròpia.*

Els reactius coagulants més usats són sals de ferro i alumini, tenen l'avantatge que fan de floculant i coagulant a l'hora ja que formen espècies hidratades complexes, carregades positivament. Per contra aquests són molt sensibles als canvis de pH, i si aquest no es troba dins del seu interval la clarificació d'aquest és pobre i al solubilitzar Fe i Al es poden generar problemes. Els més usats són:

Sulfat d'Alúmina: Crea un flòcul petit i esponjós però el seu rang de treball de pH es troba entre 6 i 8. Per això no és usat en precipitació prèvia d'aigües residuals.

Sulfat Fèrric: Té un ampli rang de treball de pH (de 4 a 11). Té com a característica que crea flòculs grans i densos, els quals decanten amb facilitat per el què és el més indicat per a fer precipitacions prèvies, com en els tractaments d'aigües urbanes o industrials. El seu ús en aigües potables pot produir alguns problemes de coloració.



*Il·lustració 111- Sulfat fèrric usat a la pràctica (floculant). Font: Pròpia.*

Clorur Fèrric: És semblant al anterior però molt limitat per tenir un rang de pH més curt.

### III. Informe de la pràctica

#### **Objectiu**

Eliminar la suspensió de fangs en una aigua residual. A partir d'una dispersió d'argila en aigua amb l'ús de sulfat fèrric com a floculant i determinar l'eficàcia d'aquest tractament amb l'ús de tècniques espectrofotomètriques.

#### **Materials**

- 6 vasos de precipitats de 1000cm<sup>3</sup>
- Agitadors de floculació
- 2 vasos de precipitats de 2L
- Sulfat fèrric
- Aigües residuals amb presència d'argiles
- Matràs aforat de 1000 cm<sup>3</sup>
- Pipetes
- Pipetejador
- Espàtula
- Vidre de rellotge
- Balança
- Espectrofotòmetre de UV-vis
- Provetes de 1 cm<sup>2</sup> de secció
- Argila
- Cronòmetre

**Procediment**

1. Es separen sis vasos de precipitats de  $1000\text{cm}^3$  de capacitat, i hi introduïm  $600\text{ cm}^3$  d'aigua a tractar.



*Il·lustració 112- Vas de precipitats amb mostra a tractar Font:Pròpia.*

2. Afegir sulfat fèrric als vasos de precipitats de forma que ens quedin amb unes concentracions de 20, 40, 60, 80, 100 i 120 ppm. Les ppm són les unitats de concentració usades i equivalen a mg de solut per litre de solució. (mg/L)



*Il·lustració 113- 6 vasos de precipitats del test de gerres amb concentracions de sulfat fèrric de 20, 40, 60, 80, 100 i 120 ppm. Font:Pròpia.*

3. Agafem unes petites mostres dels vasos de precipitats i en mesurem la seva absorbància a 575 nm.



*Il·lustració 114- Espectròmetre UV-vis PERKIN ELMER- model Lambda25.*

Aquest és l'espectròmetre usat per fer les mesures d'absorbància de les nostres mostres.

Per a fer les mesures aquest compta amb dos punts de mesura on es col·loca el blank ( mostra amb la qual farà la comparativa) i a l'altre la mostra a analitzar. Aquestes mostres líquides es col·loquen en provetes estandarditzades d'1cm<sup>2</sup> de secció.



*Il·lustració 115- punt de mostreig de espectròmetre UV-vis. Font: Pròpia.*

4. A continuació els agitem amb l'ajut del floculant, a 150 rpm, durant 3 minuts i a continuació de forma més lenta (25 rpm) durant 12 minuts. Transcorregut aquest temps es treuen els agitadors amb cura de no trencar els floculs, i es deixa decantar durant 20 min.

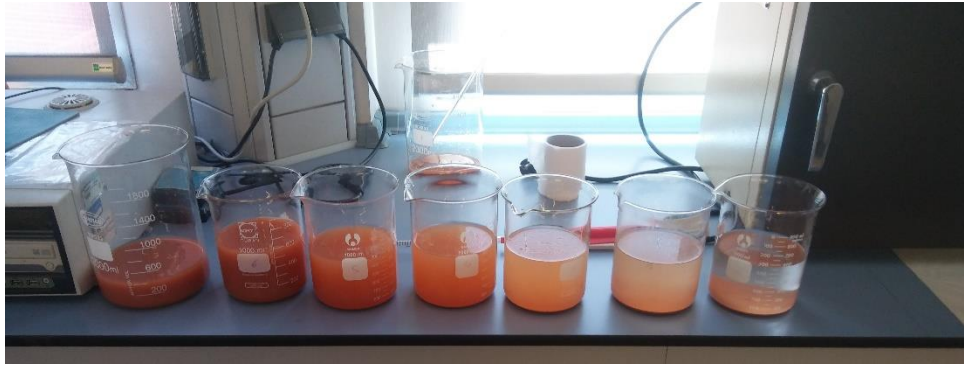


*Il·lustració 116- Mostres en els vasos de precipitats durant el procés d'agitació. Font:Pròpia.*



*Il·lustració 117- Mostres en els vasos de precipitats instants després de la finalització de l'agitació. Font:Pròpia.*

5. Un cop decantat es pren una mostra de cadascun dels 6 vasos de precipitats on s'ha dut a terme la decantació, agafant amb una pipeta l'aigua de la zona superficial i a continuació se'n mesura l'absorbància a 575nm.



*Il·lustració 118- Mostres de menor a major concentració de floculant d'esquerra a dreta, instants previs de l'anàlisi amb l'espectròmetre UV-Vis. Font:Pròpia.*

**Obtenció de dades**

Per a la obtenció de dades hem treballat amb l'aparell d'espectrometria de UV-visible a una longitud d'ona de 575nm, aquesta es troba dins del visible i ens determinarà a partir de l'absorbància obtinguda entre les mesures preses en totes i cadascuna de les mostres a diferents concentracions de floculant la quantitat de partícules suspeses que hem aconseguit precipitar.

Per fer-ho usarem l'anomenat test de gerres, el qual consisteix en un sistema de floculació de 6 vasos de precipitats, agitats simultàniament, els quals podrem comprovar l'eficàcia del floculant a diverses concentracions.

En aquest cas els vasos de precipitats hi afegirem 600ml d'aigua destil·lada, on hi afegirem una quantitat determinada d'argila, fins que creem una suspensió opaca.

Prendrem la massa del vidre de rellotge amb la que mesurarem la massa de les mostres d'argila, i a continuació submergirem aquesta en aigua destil·lada en vasos de 2L, prepararem un volum de 4 L de suspensió per tal de poder treballar-hi, per fer-ho hem fet dues dissolucions de l'argila:

Matràs 1:

$$[Argiles]_1 = \frac{11,908g}{2L} = 5954ppm$$

*Equació 45: Concentració d'argila tanc 1*

Matràs 2:

$$[Argiles]_2 = \frac{15,576g}{2L} = 7788ppm$$

*Equació 46: Concentració d'argiles tanc 2*



Per a fer el test de gerres farem una homogeneïtzació de les dues suspensions addicionant els volums de suspensió de forma que aconseguim una sola concentració de mostra.

$$M0 \rightarrow [Argiles] = \frac{[Argiles]_1 + [Argiles]_2}{2} = \frac{5954 + 7788}{2} = 6871ppm$$

*Equació 47: Concentració mitja de la mostra M0*

Un cop separat en els 6 matrassos a un volum de 600ml, fem els càlculs necessaris per a que les diferents mostres tinguin una concentració de sulfat fèrric de 20, 40, 60, 80 i 100 ppm, el sulfat fèrric emprat té les següents característiques MM=399,9g/mol i puresa del 75% :

$$M6 \rightarrow 120ppm \cdot 0,6 L \cdot \frac{100g \text{ de sulfat fèrric}}{75g \text{ de sulfat fèrric pur}} = 96mg \text{ de sulfat fèrric}$$

$$M5 \rightarrow 100ppm \cdot 0,6 L \cdot \frac{100g \text{ de sulfat fèrric}}{75g \text{ de sulfat fèrric pur}} = 80mg \text{ de sulfat fèrric}$$

$$M4 \rightarrow 80ppm \cdot 0,6 L \cdot \frac{100g \text{ de sulfat fèrric}}{75g \text{ de sulfat fèrric pur}} = 64mg \text{ de sulfat fèrric}$$

$$M3 \rightarrow 60ppm \cdot 0,6 L \cdot \frac{100g \text{ de sulfat fèrric}}{75g \text{ de sulfat fèrric pur}} = 48mg \text{ de sulfat fèrric}$$

$$M2 \rightarrow 40ppm \cdot 0,6 L \cdot \frac{100g \text{ de sulfat fèrric}}{75g \text{ de sulfat fèrric pur}} = 32mg \text{ de sulfat fèrric}$$

$$M1 \rightarrow 20ppm \cdot 0,6 L \cdot \frac{100g \text{ de sulfat fèrric}}{75g \text{ de sulfat fèrric pur}} = 16mg \text{ de sulfat fèrric}$$

*Equació 48: Càlculs de la massa de sulfat fèrric (Flocculant) a addicionar a cada mostra.*

Abans d'iniciar l'agitació prenen mostres de cadascuna dels diferents vasos de precipitats i les passem per l'espectròmetre d'UV-visible, i avaluem la absorbància de cadascun dels casos a 575nm.

Obtenim com a resultat de l'absorbància:

Mostra	[sulfat fèrric] (ppm)	Absorbància
M0	0	-0,02
M1	20	-0,324
M2	40	-0,254
M3	60	-0,206
M4	80	0,0638
M5	100	-0,247
M6	120	0,0617

Taula 33- Absorbàncies obtingudes del espectròmetre UV-Vis

Aquesta és una mesura comparativa, el que ens mostra és la quantitat de llum que a certa longitud d'ona, és capaç de travessar la nostra mostra en comparació amb una mostra de concentració coneguda, la qual anomenem *blank*. En aquest cas el blank usat és una mostra de M0 on no hem dipositat gens de sulfat fèrric. El fet que l'absorbància sigui més petita que 0 ens mostra que en comparació al blank la mostra mesurada deixa passar millor la llum a 575nm, mentre que si és pròxima a 0 és més semblant a la mostra del blank, i si és superior a 0 la llum té més dificultats per travessar la nostra mostra.

A continuació engegarem el floculant amb les pales introduïdes dins de la suspensió de la següent forma:



Il·lustració 119- Test de gerres en l'instant inicial de l'agitació. Font: Pròpia.

Mantenim una agitació a 150rpm durant 3 min, un cop transcorreguts baixem la velocitat d'agitació a 25rpm i mantenim aquesta velocitat d'agitació durant 12 min.

Un cop transcorregut aquest darrer període de temps, deixem decantar el contingut dels vasos aturant l'agitació durant 20 min.

Finalment i amb molta cura de no tornar a suspendre el material sòlid en el líquid agafarem les mostres necessàries per tornar a fer l'anàlisi d'absorbància amb l'espectròmetre d'UV-visible i determinar la quantitat de suspensió que hem aconseguit separar.



Il·lustració 120- Instant final de la floculació. Font:Pròpia.

Obtenim els següents resultats:

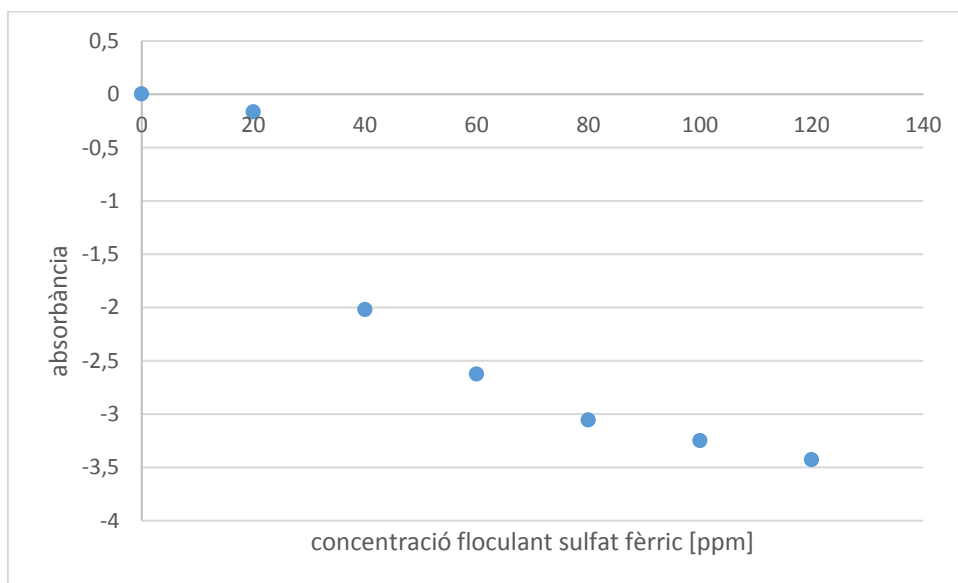
Mostra	[Fe(SO <sub>4</sub> )] (ppm)	Absorbància pre-floculació	Absorbància post-floculació
Blank	0	-0,02	0,0029
M1	20	-0,324	-0,165
M2	40	-0,254	-2,019
M3	60	-0,206	-2,624
M4	80	0,0638	-3,055
M5	100	-0,247	-3,248
M6	120	0,0617	-3,427

Taula 34- Dades obtingudes amb l'espectròmetre. Font:Pròpia.

Un cop feta la floculació podem observar que les absorbàncies obtingudes han variat considerablement. Si estudiem els resultats obtinguts podem veure que tots els valors de les mostres on hem aplicat el floculant, han obtingut valors d'absorbància per sota de 0, això ens servirà per determinar la eficàcia del procés de floculació en funció de la concentració de floculant addicionat.

### Qüestions

1. Amb els valors obtinguts construïu una gràfica on representem el percentatge de reducció d'absorbància, respecte la concentració de floculant usada. Determinant la dosi òptima a usar a les experiències de floculació.



*Il·lustració 121: avaluació de dades d'absorbància en funció de la concentració de floculant. Font: Pròpia.*

Tal i com podem veure a la gràfica anterior la quantitat de sòlids suspesos en l'aigua es separen amb relativa facilitat a partir de l'aplicació de floculant amb una concentració de 40ppm. Tot i així dependrà del tipus de material suspès i la legislació sota la qual es trobi aquest tipus de residu per poder decidir la quantitat de floculant que ens caldrà utilitzar per a que l'aigua, un cop netejada, tingui uns nivells de sòlids en suspensió dins del marc legal.

**2. Com ha afectat el coagulant a les diferents solucions, hi pots determinar algun límit amb l'experiència realitzada?**

Tal i com esperàvem les aigües amb suspensió de fangs on hem aplicat una major concentració de floculant han precipitat els sòlids argilosos de la suspensió amb més facilitat, quedant així, més “netes” a nivell visual i analític. Deixant al fons dels recipients un llit de fangs tal i com podem veure a la següent fotografia.



*Il·lustració 122- Mostres després del procés de floculació. Font: Pròpia.*

**3. On creus que pot tenir ús aquest tipus de procés?**

Aquest tipus de procés, es dona a terme a les plantes de tractament d'aigües residuals que podem trobar tant a les plantes de producció industrial, que com a resultat final dels seus processos tenen un alt nivell de material suspès, per tal de mantenir els nivells de les aigües de rebuig en els barems marcats per la legalitat vigent, com en les plantes de tractament d'aigües residuals urbanes.

**4. Busca i explica breument que és una EDAR. En tenim alguna a les proximitats del nostre municipi?**

És una **Estació de Depuració d'Aigües Residuals**, té com a objectiu, obtenir un corrent d'aigua de qualitat segons els paràmetres establerts per llei a partir d'aigües negres o mesclades. Principalment provinents d'aigües residuals d'ús urbà.

En el cas de les indústries les EDAR es dissenyen en acord amb les necessitats de neteja de les aigües residuals dels processos de fabricació.

#### 4.6- Processos de la indústria petroquímica

La indústria petroquímica és aquella branca que explota, refina i produeix tots els derivats del petroli i el gas natural. És una de les indústries amb major quantitat de processos d'obtenció i variabilitat de productes, i actualment de les que major nombre de productes de consum de la societat, fent d'aquests productes essencials per al desenvolupament de la societat. Els combustibles, el gas d'ús domèstic, fertilitzants, asfalt i molts altres compostos són de primera necessitat per tal d'aportar una font d'energia per al transport i l'obtenció d'energia tant elèctrica com tèrmica.

Molts països depenen de la indústria petroquímica com a principal font d'ingressos, un clar exemple és Veneçuela, la qual basa la seva economia gairebé completament en l'explotació dels seus recursos petrolífers i de gas natural, sent aquest un dels principals productors d'aquests productes gràcies a la seva posició geogràfica estratègica, la qual conté una de les reserves d'aquests productes del planeta.

Els processos d'extracció d'aquestes matèries primeres són complexos, a causa que la seva localització subterrània i les petites reserves que existeixen. A partir de sistemes de perforació i extracció per bombeig s'aconsegueix extreure el producte brut o cru el qual és la matèria primera de la indústria petroquímica. Aquesta indústria s'especialitza en la separació dels hidrocarburs que componen aquest cru, produint una gran varietat d'hidrocarburs a partir de processos físics i químics com són el craqueig catalític o el craqueig tèrmic, per tal d'obtenir hidrocarburs de major interès i així separar-los de compostos de poc interès o contaminants, com són els compostos de sofre presents en el petroli, els quals si no són correctament separats dels hidrocarburs, en el moment de la seva combustió per a l'obtenció d'energia produeixen compostos de sofre els quals són els principals causants de problemes mediambientals com la pluja àcida. Tot i així hidrocarburs de major complexitat en comptes de ser usats com a combustibles són usats per a la producció de lubricants, gomes, plàstics resines, els quals conformen la majoria dels productes de consum diaris que podem trobar a les nostres llars.

La producció energètica els darrers anys, però, ha entrat en conflicte ètic degut al elevat ús de combustibles fòssils i derivats d'aquests, principalment degut a les contradiccions que suposen per al medi ambient i les prediccions de les reserves actuals, les quals cada cop són més escasses. És per això que en els darrers anys un dels camps d'investigació de la indústria química, s'ha centrat en l'estudi de viabilitat de la producció de productes d'origen fòssil (com

són els derivats del petroli) a partir de recursos d'origen natural, formant així el concepte de biocombustible.

Els biocombustibles són descrits com aquells combustibles produïts a partir de biomassa o residus biològics, i són per tant, considerats com a energia renovable. Aquests es poden presentar de forma sòlida (residus vegetals, fraccions biodegradable de residus tant d'origen urbà com d'origen industrial), en fase líquida (com seria en el cas dels bioalcohols i els biodièls) o en darrer lloc en forma de gas (biogàs, hidrogen).

Dins dels biocombustibles uns dels de major interès, degut a la demanda actual del seu equivalent d'origen fòssil, són els biocarburants els quals tenen la possibilitat de ser usats com a carburant per a motors de combustió interna. Aquests, generalment líquids, s'obtenen a través de transformacions físic-químiques i reaccions biològiques. Els dos principals casos que actualment es troben en estudi i, en alguns casos, aplicació són: el biodièsel el qual s'obté a partir de la transformació química d'olis vegetals i greixos animals, els quals es tracten amb un alcohol lleuger com el metanol o l'etanol. Per altre banda tenim els bioetanols, els quals s'obtenen principalment a partir de processos de fermentació de llavors amb alts continguts de sucres. Aquest darrer s'obté directament amb un procés de fermentació usant com a matèria primera canya de sucre, remolatxa sucrera o el sorgo (planta originària de la zona de Mèxic), a causa del seu alt contingut en sucres simples. Per altra banda el bioetanol també s'obté a partir de cereals, els quals contenen els sucres en forma de midó, fet que fa que aquests hagin de passar un procés d'hidròlisi previ a la fermentació per tal de trencar la molècula de midó en sucres més simples. (52)

EL principal ús que actualment es dona al bioetanol al camp dels combustibles, és en la producció de etil-ter butil èter (ETBE) usat com a additiu en les gasolines comercials. La producció de ETBE es du a terme en les refineries de petroli, donant així un nou ús a les instal·lacions ja presents.

Des de les institucions europees aposten per la implementació dels biocombustibles, donant així com a perspectives per a l'any 2030, tenint en compte la capacitat productiva de biocarburants de la unió europea, el consum d'aquest tipus de combustible arribi a una quota del 25% del total de combustibles usats per al transport.

Els estudis fets sobre biocarburants presenten a més un valor afegit per al que fa al desenvolupament d'aquest, degut que les emissions de diòxid de carboni dels biocombustibles és d'entre un 40 i un 80% inferior que la dels combustibles convencionals, a l'hora que no



emeten compostos d'òxid de sofre, i es redueix la concentració de partícules en suspensió emeses, de metalls pesats, de monòxid de carboni, de compostos aromàtics policíclics i de compostos orgànics volàtils.

Econòmicament també representen un benefici, ja que són una clara alternativa per a la producció de terres agrícoles. Aquest fet però és el que crea més controvèrsia social donada la situació actual, ja que l'ús de terres de conreu per a la producció de biocombustibles per alguns sectors de la població és èticament reprovable.

A la següent pràctica durem a terme un procés físic-químic de producció de biocombustible a partir de residu d'oli vegetal, i posteriorment en comprovarem la seva potència calorífica, degut al temps necessari per a la reacció completa, aquesta experiència serà realitzada en dues sessions, on a la primera sessió es farien les solucions necessàries i es produiria la reacció, mentre que a la segona sessió es farà la determinació del poder calorífic de combustió del biocombustible obtingut.

#### 4.6.1- Obtenció i caracterització de biocombustibles a partir d'oli usat.

##### I. Informació per al docent.

Aquesta experiència necessita de dues jornades per tal de poder ser duta a terme a causa de que precisa del temps reacció:

##### - Primera jornada

En aquesta jornada el temps necessari per a la preparació del biocombustible és de 1h i 30 minuts, tenint en compte que necessita d'un temps de mescla d'una hora, temps en el qual l'estudiant que realitzi la pràctica pot realitzar una altre tasca, vigilant cada 5 minuts que la temperatura i l'agitació es mantinguin estables. Un cop finalitzada l'operació cal deixar reposar els reactius durant 24h.

##### - Segona jornada

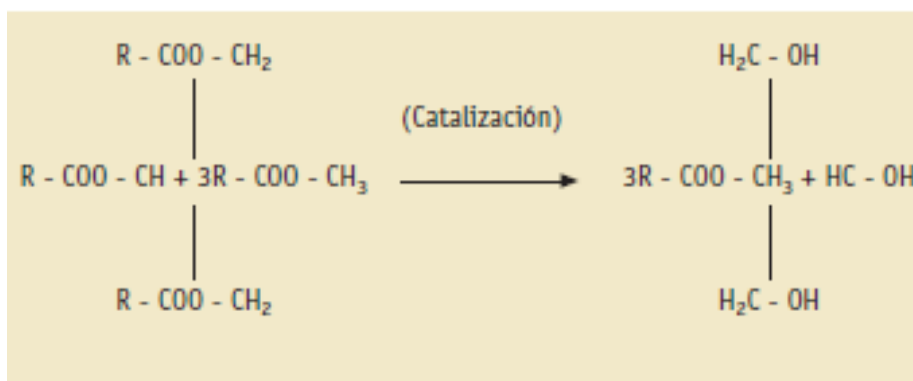
El temps necessari per a aquesta segona jornada de l'experiència, el temps necessari pot variar entre els 45 minuts i 1 hora, per tal de poder determinar el poder calorífic a partir del volum de biocombustible consumit.

##### II. Fonament teòric

En aquesta experiència crearem el nostre propi biodièsel a partir de la recuperació d'olis i greixos de font natural, en el cas que ens pertoca usarem olis de cuina usats. Aquest tipus de residu es una de les alternatives amb millors perspectives per al que fa a l'elaboració i producció de biodièsel, ja que és una matèria prima econòmica, i amb l'aplicació d'aquests processos s'evita el cost del tractament de reciclatge d'aquests, donant una valorització d'aquest residu, el qual es quantifica en aproximadament les 850000 tones/any a l'estat espanyol.(189)

Tot i que un dels possibles processos químics d'obtenció del biodièsel és l'esterificació, el mètode més emprat per a l'obtenció d'aquest és la alcohol·lisis. Aquest procés consisteix en la reacció de molècules de triglicèrids amb alcohols de baix pes molecular, com són el metanol o el etanol, per a produir esters i glicerina, aquest darrer producte molt emprat a la indústria cosmètica, alimentació i farmàcia, entra d'altres.

La reacció d'interès es dona en una proporció molar de alcohol a triglicèrid de 3 a 1, és a dir que per cada mol de triglicèrid és necessari 3 mols d'alcohol, tot i que aquest darrer sempre s'addiciona en excés per tal de desplaçar la reacció, i així afavorir la formació del ester metílic.



*Il·lustració 123: Reacció de transformació de triglicèrids a alcohol. Font: (41)*

Aquesta reacció però necessita de l'ús de catalitzadors per tal d'accelerar-ne el seu procés, és per això que s'usen àcids homogenis, heterogenis, bases homogènies, bases heterogènies i en certs casos catalitzadors enzimàtics. En el cas d'aquesta experiència usarem una dissolució de sosa càustica (NaOH) com a catalitzador de la reacció, sent aquest del grup de catalitzadors homogenis bàsics, els quals són els més emprats a la indústria a causa que són els que proporcionen una major velocitat a la reacció, i no requereixen de condicions de temperatures elevades.

Tot i l'eficàcia del procés, és possible que degut a l'origen de la matèria primera usada (residu urbà d'oli) es produeixin reaccions de saponificació i neutralització d'àcids grassos lliures. Produint petites capes de sabons en el producte final.

Per al que fa a la caracterització del poder energètic del biodièsel obtingut en l'experiència, el calcularem a partir de la conducció energètica a una certa quantitat coneguda d'aigua destil·lada, controlant-ne l'augment de la temperatura en front del volum de biocombustible consumit, coneixent la capacitat calorífica d'aquesta i a partir de la equació de l'energia calorífica:

$$Q = m \cdot C_e \cdot dT$$

*Equació 49: Equació de transmissió d'energia en forma de calor*

Suposant un sistema on el calor transmès per la flama i la calor absorbida per l'aigua són equivalents.

III. Informe de la pràctica**Material i reactius**

- Oli de cuina usat
- Metanol
- Sosa càustica (NaOH 0,1M)
- Campana de gasos
- 1 Vas de precipitats de 250 ml
- 1 Proveta de 20 ml
- Balança
- Placa calefactora
- Agitador magnètic
- 1 Vas de precipitats de 100ml
- Vareta de vidre
- 1 Matràs aforat de 100ml
- Termòmetre
- Encenedor d'oli
- 1 Vas de precipitats de 1000ml
- Suport
- Pinces
- Reixeta
- Trípod
- Aigua destil·lada
- Manta ignífuga
- Pipeta de 20 ml
- Pipetejador
- Embut

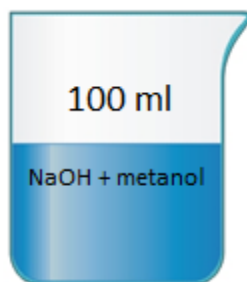
**Procediment**

Es mesuren 0,35 g de sosa càustica, i es dispositen en un vas de precipitats de 100 ml, al laboratori es compta amb una dissolució 0,1M d'aquest producte, per això fa falta calcular el volum equivalent al compost sec:

$$0,35g NaOH \cdot \frac{1 mol NaOH}{40g NaOH} \cdot \frac{1L}{0,1molNaOH} = 87,5mL$$

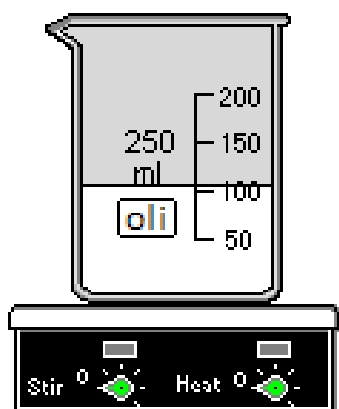
*Equació 50: Càlcul del volum a addicionar de solució de sosa*

Mesurem amb la proveta 20 ml de metanol i els introduïm conjuntament amb la sosa, aquesta operació s'ha de fer dintre la campana de gasos, amb l'extractor encès.



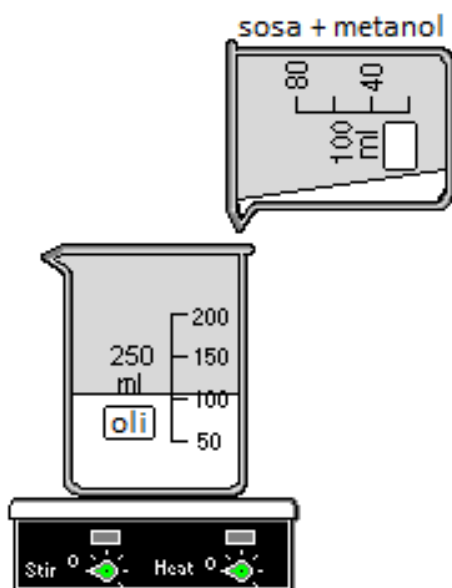
*Il·lustració 124: Esquema de la dissolució de sosa i metanol en un vas de precipitats Font:Pròpia.*

Mesurem 100 ml d'oli de cuina usat, i els avoquem a un vas de precipitats de 250ml, aquest el col·loquem a la placa calefactora i hi posem també el imant del agitador magnètic, engegarem la placa calefactora fins a mantenir l'oli a uns 49°C.



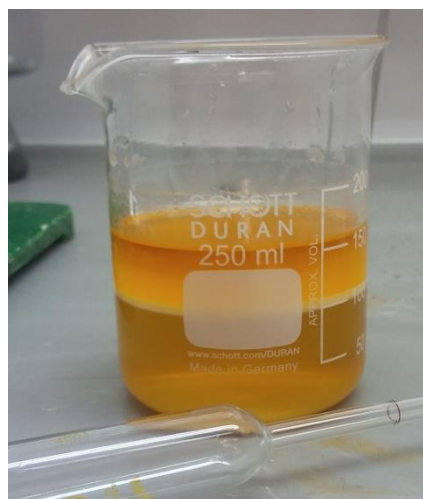
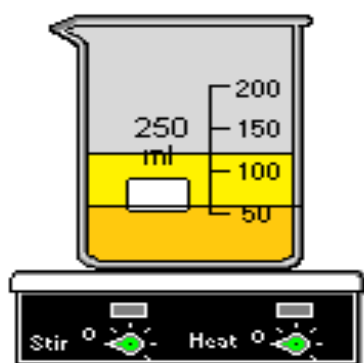
*Il·lustració 125:Esquema i fotografia de la mostra d'oli usat a tractar. Font:Pròpia.*

Un cop tinguem l'oli a aquesta temperatura passarem la mescla de metanol i sosa al vas de precipitats de 250ml on hi ha l'oli i mantindrem la agitació constant durant 1 h.



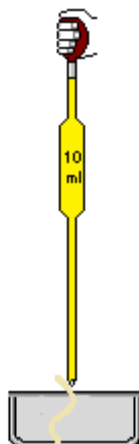
Il·lustració 126: Esquema del abocament de la solució de sosa sobre la mostra d'oli . Font: Pròpia.

Un cop transcorregut aquest període de temps aturarem el motor de l'agitador i desconnectarem la placa calefactors i deixarem reposar la mescla durant 8h. Passat aquest temps podem observar que tenim dues fases diferents, el biodièsel ens quedarà a la capa superior, de manera que ens serà fàcil d'extreure.



Il·lustració 127: Esquema i fotografia de la mostra després de 24h de la seva preparació, un cop realitzada la reacció. Font: Pròpia

Agafarem 10 ml d'aquest biodièsel i el col·loquem en un encenedor de metxa.



*Il·lustració 128: Prenem una mostra de 10 mL del Biodièsel obtingut i el dipositem al encenedor de metxa. Font: Pròpia*

Col·loquem l'encenedor sota el trípod amb la reixeta i a sobre un vas de precipitats de 1000 ml d'aigua destil·lada, col·loquem el termòmetre i anotem la temperatura inicial de l'aigua i la massa d'aquesta.

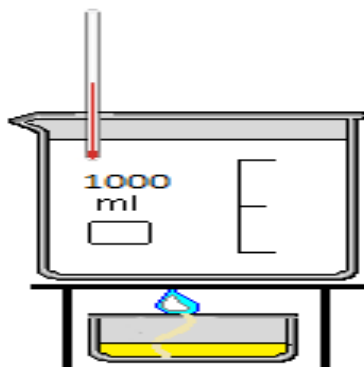
$$T_{\text{inicial}} = 27,7^{\circ}\text{C}$$

$$m_{\text{Aigua}} = 1000 \text{ g}$$



*Il·lustració 129: Fotografia del muntatge en l'instant abans d'encendre la metxa del encenedor. Font: Pròpia.*

Encenem la metxa del encenedor vigilant que la flama toqui la reixeta, i esperem que consumeixi part dels 10 ml de combustible. Prenem dades de la temperatura de l'aigua cada minut fins que la flama s'apagui. Aquesta operació ha de ser feta dins de la campana de gasos amb material de seguretat per cas d'incendi a prop.



Il·lustració 130: Esquema del muntatge. Font: Pròpia

t (min)	T (°C)	t (min)	T (°C)
0	27,7	23	28,9
1	27,7	24	28,9
2	27,7	25	29,0
3	27,7	26	29,0
4	27,8	27	29,0
5	27,8	28	29,1
6	27,9	29	29,1
7	27,9	30	29,1
8	28,0	31	29,2
9	28,1	32	29,2
10	28,1	33	29,2
11	28,2	34	29,3
12	28,2	35	29,3
13	28,3	36	29,4
14	28,4	37	29,5
15	28,5	38	29,5
16	28,5	39	29,5
17	28,5	40	29,5
18	28,6	41	29,6
19	28,7	42	29,6
20	28,7	43	29,6
21	28,8	44	29,7
22	28,9		

Taula 35: Temperatures minut a minut de l'aigua per a mesurar poder energètic del biodièsel.



Un cop la flama s'apagui en mesurem el biodièsel restant amb una proveta.

$$\begin{aligned} \text{Volum de Biodièsel consumit} &= V_{\text{inicial}} - V_{\text{final}} = 10 \text{ ml} - 8,5 \text{ ml} \\ &= \mathbf{1,5 \text{ ml de biodièsel consumit.}} \end{aligned}$$

*Equació 51: Càlcul del Biodièsel consumit.*

**Qüestions**

1. **Calcular l'energia calorífica del biocombustible obtingut a partir de la transmissió de calor obtinguda en la combustió d'aquest per escalfar l'aigua:**

$$Q_{\text{biodièsel}} = Q_{\text{aigua}} = m_{\text{aigua}} \cdot c_{\text{aigua}} \cdot \Delta T$$

$$Q = 1000g \cdot 4,18 J/g \cdot ^\circ C \cdot (29,7 - 27,7)^\circ C$$

$$Q = 8,36 KJ$$

$$W = \frac{Q}{V_{\text{biodièsel consumit}}} = 8,36 KJ / 0,0015 L = 5,573 MJ/L$$

*Equació 52: Càlcul de la potència calorífica del biodièsel generat.*

2. **Busqueu i compareu el valor obtingut amb el dels combustibles comercials com el dièsel o la benzina.**

Segons les dades bibliogràfiques trobades (132), el poder calorífic dels dièsels comercials oscil·len entre els 43MJ/L i els 38MJ/L, les gasolines també es mouen per el mateix rang, sempre per sota de la potència calorífica del dièsel. El nostre biodièsel per contra només aconsegueix un 5,573MJ/L, fet que determina que tot i ser una bona opció com a combustible el producte obtingut al laboratori encara tindria que rebre alguns tractament de rectificació per tal de fer-lo adient per a la seva comercialització i ser competitiu amb els seus símls aconseguits de la transformació del petroli. Els biodièsels que actualment es comercialitzen tenen una potencia calorífica aproximada de 37,2MJ/L, encara molt superior al que hem aconseguit al laboratori.

3. **El subproducte que obtenim de la reacció és una mescla de metanol i glicerina, aquest segon per a què pot ser usada?**

La glicerina o glicerol és un producte d'especial interès a la indústria química, aquest lípid saponificable simple, té un gran interès com a matèria prima per a la indústria cosmètica, per a la indústria farmacèutica, com a antisèptic, per a la preparació de lubricants o com a additiu en una gran varietat de productes d'alimentació.(1)

### **Conclusions**

Amb aquesta experiència hem pogut comprovar una reacció de alcohol·lisi, una reacció de les que s'estudien en els plans de batxillerat dins de la part de química orgànica donada en les assignatures de química i biologia.

Aquest procés com a valor afegit ens mostra un dels principals reptes que té actualment la indústria química, i que com a enginyers ens hi hem d'encarar, la valorització de residus per tal de poder arribar en un futur a una quota de residus la més propera a 0.

Els biocombustibles són la opció més adient per al que fa als hidrocarburs energètics, tenint en compte les previsions de les reserves mundials de cru, i la necessitat actual de derivats del petroli (259). És per això que moltes de les petroquímiques estan treballant en noves formes d'obtenció d'aquests tipus d'hidrocarburs no provinents de les reserves fòssils.

Per al que fa a la nostra experiència hem pogut determinar que per cada 100 ml de residu podem obtenir fins a 54ml de biodièsel, el que dona al procés un 54% de conversió.

Per al que fa al càlcul del poder calorífic del hidrocarbur energètic obtingut hem vist que es troba per sota dels nivells estimats per als biodièls comercials, això pot ser degut a les limitacions de l'experiment, les quals no es podia aconseguir que la totalitat de la energia produïda per la reacció de combustió és traspases directament a la massa d'aigua, i es produïssin pèrdues de calor. I per altra banda que les possibles impureses del producte obtingut hagin causat aquesta davallada del poder calorífic del biodièsel aconseguit.

Aquest procés també ens ha mostrat que molts dels subproductes obtinguts dels processos industrials, també tenen un valor per a altres indústries del sector com és el cas de la glicerina que es forma en el procés de alcohol·lisi.

#### 4.7- Processos de la indústria metal·lúrgica

Un altre dels sectors amb més rellevància és el sector metal·lúrgic. Aquest sector compren totes les activitats relacionades des de l'extracció dels metalls, obtenció d'aquests, fundació, refinat, laminació, elaboració de productes, tractaments tèrmics i reciclatge de materials, aquesta darrera activitat compren la classificació, selecció, neteja, tractaments previs i fundació de la ferralla, tractament i fabricació d'acumuladors i bateries, protecció de materials estructurals a partir de característiques dels diferents metalls (recobriments).

Els materials presents en aquesta indústria són els d'origen mineral, la majoria d'ells entren a les indústries de transformació en forma d'òxids, carbonats, sulfurs i silicats. La variabilitat de materials fa d'aquesta indústria molt especialitzada, ja que la característica dels processos que s'hi duen a terme depenen directament de la matèria prima que cadascuna de les indústries metal·lúrgiques usi. Així doncs una de les principals característiques d'aquesta indústria és la seva localització, ja que la dependència del mineral necessari per a dur a terme el procés de fabricació de la peça o producte final fa que, aquestes indústries es situïn a la proximitat de les explotacions mineres.

En el cas que es presenta en aquest conjunt de pràctiques, s'ha volgut treballar un dels processos més comuns d'aquesta indústria, centrat en la protecció d'estructures, i tenint en compte el currículum de química donat al batxillerat, donant així una aplicació directe a les reaccions REDOX donades en una cel·la electrolítica.

#### 4.7.1- Recobriments d'una peça metàl·lica amb una cel·la electrolítica

##### I. Indicacions per al docent

El temps estimat de realització d'aquesta experiència es mou entre els 20 i els 30 minuts, ja que la seva preparació no necessita de temps d'espera, ni de procediments gaire complicats per als estudiants. Cal vigilar que en cas de fer servir una pila de 9V tal i com s'estipula a la pràctica, aquesta estigui en bones condicions.

##### II. Fonament teòric

La majoria d'estructures metàl·liques, es troben exposades a condicions mediambientals adverses per a la corrosió, és per això que a la indústria metal·lúrgica hi podem trobar un subsector que s'encarrega d'estudiar les condicions de protecció envers la corrosió d'aquestes estructures. Aquesta operació que evita els canvis físic-químics de degradació de les estructures metàl·liques, principalment per corrosió, s'eviten aplicant operacions de recobriment metàl·lic d'aquestes.

Entenem com a recobriment metàl·lic la interposició d'una fase metàl·lica entre un medi agressiu i el metall base d'una estructura, amb la finalitat de protegir aquesta del medi a la qual s'exposa, en el què aquesta perdria ràpidament la seva utilitat per causa de la corrosió.

Els recobriments presenten una gran importància per al que fa a la protecció estructural, així doncs depenent de la seva funcionalitat, creant diferents tipologies de recobriments, la classificació dels quals es pot dividir en dues; segons el mètode d'aplicació de la pròpia operació de recobriment o segons la funció que aporten aquests metalls.

Per a l que fa a la classificació segons el tipus de deposició sobre el metall a protegir, podem trobar quatre tipologies d'operació: per *substàncies aplicades mecànicament en forma de làmina sobre el metall base*, com seria el cobriment de lamina de plom on ambdós metalls mantenen les seves propietats fisicoquímiques intactes, els *recobriments per mètodes electrolítics* els quals aconseguixen una deposició del metall de cobriment a partir d'executar una reacció REDOX en una cel·la electrolítica, on el bany metàl·lic de protecció s'adhereix a l'estructura degut a una diferencia de potencial aplicada en un medi aquós en el que es troben submergits ambdós pols, usant així el potencial de reducció dels diferents metalls per a determinar el corrent a aplicar segons el material de recobriment, els exemples més comuns d'aquest tipus de cobriments són amb zinc, coure, estany, cadmi i níquel. El tercer tipus de deposició metàl·lica es basa en el punt de fusió d'alguns metalls creant un recobriment a partir de *la projecció de metall fos sobre la peça*, el metall de recobriment és fos amb l'acció d'un gas

calent i expulsat en forma d'esprai sobre la peça a protegir, finalment la quarta forma de deposició de capes metàl·liques és a partir de *immersió de la peça en banys de metall fos* conformant aliatges amb el metall base.

És cert que els recobriments fets a partir de l'aplicació de lamine aplicades mecànicament tenen una terminació més homogènia i presenten una menor porositat que les altres tres.

Les tres formes restants d'aplicar aquests recobriments de protecció poden classificar-se a l'hora en dos subgrups depenent del metall usat per a fer el recobriment, trobem així els recobriments amb metalls *nobles* i els recobriments amb metalls *de sacrifici*.

En el cas que ens ocupa comprovarem l'eficàcia d'un recobriment per electròlisi d'estanyat. És un dels més comuns per al que fa a la fabricació d'envasos per al sector alimentari, i per tant del que té un volum productiu més elevat, degut a les característiques no tòxiques del metall per al contacte amb aliments i begudes aptes per al consum humà i que l'aplicació d'aquest recobriment per acció de l'electròlisi és més uniforme que l'obtingut per mètodes d'immersió en el metall fos. El gruix d'un recobriment d'estany per immersió es sol trobar entre el  $1,5\mu\text{m}$  i els  $3,75\mu\text{m}$ , mentre que l'obtingut per mètodes electrolítics es situa sobre els  $0,75\mu\text{m}$ , tot i que en els casos de contenir productes corrosius es sol fer arribar fins als  $1,5\mu\text{m}$  de gruix.

### III. Informe de la pràctica

#### **Objectius**

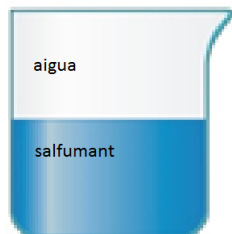
En aquesta pràctica crearem una cel·la d'electròlisi per tal de fer un recobriment d'estany sobre una placa metàl·lica, tot aplicant una diferencia de voltatge entre dos elèctrodes en un medi conductor.

#### **Materials i Reactius**

- Salfumant (dissolució de HCl)
- Aigua destil·lada
- Etanol
- Bicarbonat Sòdic
- Estany de soldadura
- Pila de 9V
- 2 Cablejat amb puntes de pinça de cocodril
- 1 Vas de precipitats de 100 ml
- 1 Vas de precipitats de 250ml
- Moneda o placa metàl·lica
- 2 Pinces de fusta
- Cinta mètrica o regle

**Procediment**

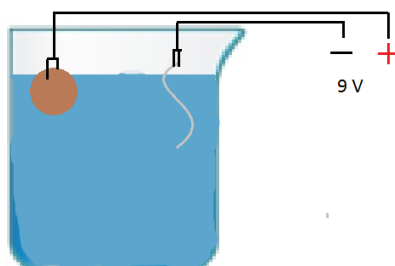
Preparem una dissolució al 50% en volum de sulfurant i  $H_2O$  en el vas de precipitats de 250 ml.



*Il·lustració 131: Esquema de la preparació del medi de transport . Font: Pròpia*

A continuació mesurem un tram de fil d'estany de soldadura de 5 cm i el tallem, tot seguit es submergeix completament dins de la solució anterior, l'assegurem amb una pinça de boca de cocodril vigilant que la pinça no toqui la solució. A continuació subjectem el cable a la paret del vas de precipitats amb una pinça de plàstic.

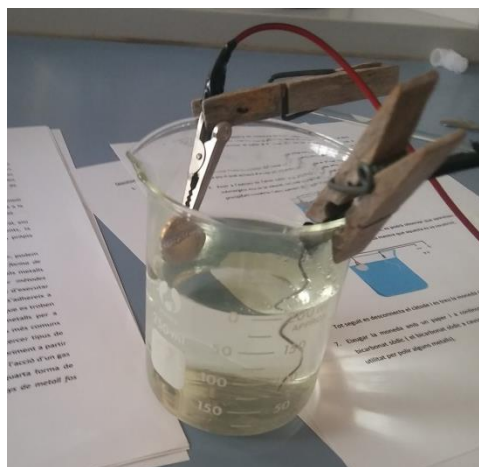
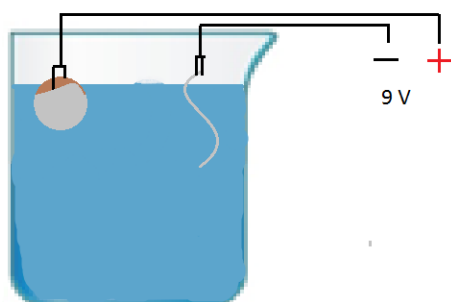
A continuació connectem l'extrem contrari del cable on s'ha connectat el fil d'estany al pol positiu de la pila, el qual actuarà d'ànode en aquesta cel·la electrolítica. Tot seguit col·loquem a l'extrem de l'altre fil una moneda o placa metàl·lica, i a continuació la submergim dins de la solució. Un cop assegurada amb una pinça a la paret del vas de precipitats connectem l'altre extrem del cable al pol negatiu de la pila o càtode.



*Il·lustració 132: Esquema de la cel·la electrolítica. Font: Pròpia*



Observem durant 5 minuts després de connectar el càtode, podem observar que apareixen un seguit de bombolles al voltant de la moneda mentre que aquesta es va recobrint.

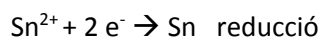
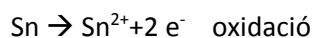


*Il·lustració 133: A l'esquerra l'esquema de la cel·la, a la dreta fotografia de la cel·la preparada al laboratori.  
Font:Pròpia.*

Tot seguit es desconnecta el càtode i es treu la moneda o placa metàl·lica. Eixuguem la moneda amb un paper i a continuació es poleix amb fregant-la amb bicarbonat sòdic, per tal de polir-la (el bicarbonat sòdic a causa de la seva mida de gra ens és de molta utilitat per polir alguns metalls). Al treure la moneda del bany podem observar com aquesta ha agafat un color platejat, a tacte podem notar que el punt on deixava d'estar submergida, ara hi ha un petit esglaó, aquest és el gruix d'estany que hem dipositat sobre de la moneda o peça metàl·lica.

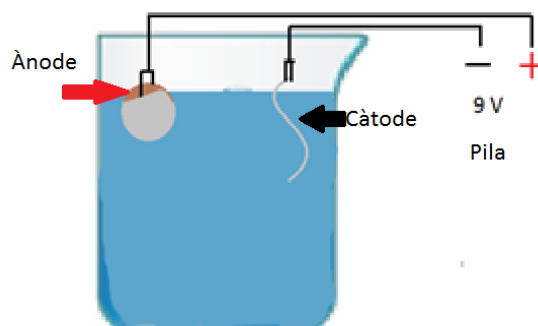
**Qüestions**

- 1- Descriu les semireaccions d'oxidació i reducció que s'han usat en aquesta experiència:



*Equació 53: semireacció del estany a estany (II)*

- 2- Dibuixa la cel·la electrolítica creada per a fer el bany d'estany, marcant les diferents parts de la cel·la:



*Il·lustració 134: Esquema amb les parts de la cel·la electrolítica. Font: Pròpia*

- 3- Els recobriments s'usen com a mètode de protecció d'alguns elements metàl·lics, posa tres exemples d'estructures on podem trobar recobriments de protecció i determina de quin dels tipus de recobriments són. Pots trobar aquesta informació a la introducció teòrica de la pràctica.
- Peces d'automòbil, Principalment galvanitzats per evitar-ne la corrosió i donar una coloració més uniforme al conjunt estètic dels automòbils. Un exemple és el cromat de para-xocs fet per AG SIMPSON CO.
  - Estructura de faroles, principalment per galvanitzar per immersió en una solució de Fe-Zn. Fent que el recobrint quedi unit a l'estructura d'acer.
  - Cobriments per projecció de metall fos sobre la peça
  - Substàncies aplicades mecànicament en forma de lamina sobre la peça creant una cobertura de protecció completament dedicada al sacrifici i en alguns casos per donar una millor estètica a la peça.

- 4- Busqueu la densitat de l'estany, i a partir del càlcul de la superfície de la moneda, la densitat d'aquest metall i l'augment de pes obtingut entre abans i després del recobriment metal·lic calcula el gruix d'aquest.**

$$\begin{aligned} \text{gruix de recobriment} &= \frac{\rho \cdot \text{Area}}{\Delta \text{massa}} = \frac{7.365 \cdot 10^{-2} \cdot 732,46 \text{mm}^2}{(4,123 - 4,089) \text{g}} \\ &= 0,1548 \text{ mm de recobriment de Sn} \end{aligned}$$

*Equació 54: Gruix del recobriment*

**Conclusions**

La pràctica aporta una aplicació de la indústria metal·lúrgica la qual és molt comú en la fabricació de peces. Aquest tipus de recobriment té com a punt a favor que crea una capa uniforme en tots els punts de la peça fent així que no hi hagi una diferència visual tant per al que fa al gruix com per al que fa al color de la peça, fent que sigui el procés adient per a protegir la gran majoria de peces que trobem tant a estructures de carrer, com en el seu principal cas peces del món del automòbil i maquinaria. Les quals han de tenir una alta resistència a la corrosió.

Per al que fa al mètode electrolític un dels punts en contra amb el que ens trobem és el seu consum energètic, a l'hora que les solucions emprades contenen unes altes concentracions de metalls, fet que obliga a mantenir un control exhaustiu del residu líquid obtingut del procés.

Aquesta experiència en si no té un elevat cost, ja que tots els materials usats per a fer el recobriment són materials d'ús casolà i de fàcil obtenció, a l'hora que la perillositat dels reactius és relativament baixa, fent d'aquesta una pràctica fàcil d'aplicar, molt intuïtiva i visual ja que es percep perfectament la electrodeposició del estany sobre la moneda.

## 5.- Avaluació dels tallers per part de l'alumnat

S'han realitzat el conjunt de les 13 pràctiques amb estudiants de 1r curs de batxillerat, de les diferents modalitats, a les dates compreses entre el 21 de juny de 2017 al 11 de juliol de 2017. Un cop finalitzades s'ha fet una enquesta als estudiants per tal de valorar aspectes com la dificultat, la utilitat, l'interès despertat en l'estudiant, el material teòric donat i l'avaluació del propi estudiant que ha dissenyat els guions i que ha donat suport a l'hora de realitzar les pràctiques. Les enquestes passades als estudiants es poden trobar al apartat d'annexos.

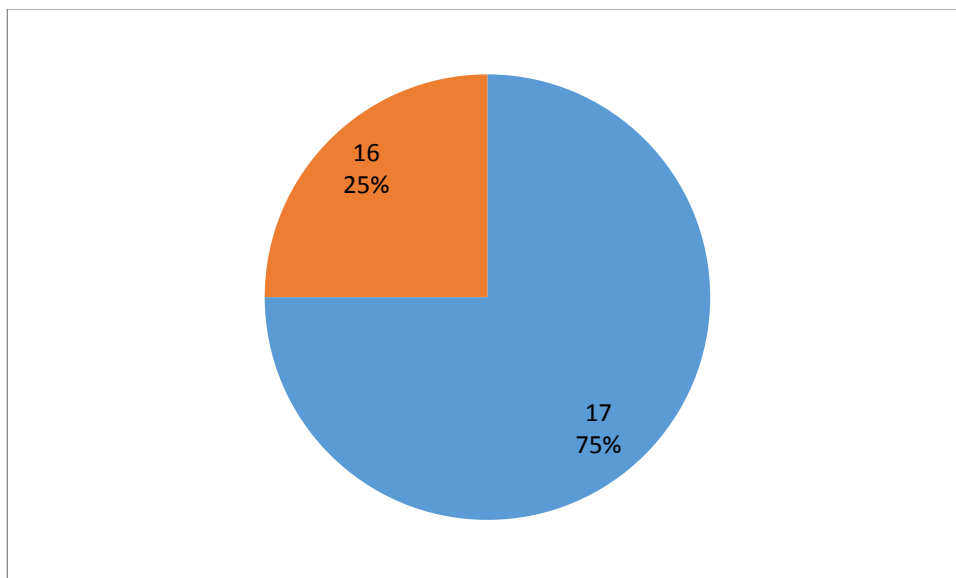
Les practiques s'han basat en una petita introducció teòrica dels conceptes que es treballen a les pràctiques relacionats amb les diferents indústries on es duen a terme processos químics, portant alguns d'aquests processos a escala de laboratori per tal que l'alumnat s'hi pugui familiaritzar i així, poder treballar amb les diferents opcions de sortida que dona l'enginyeria química. Per tal de comprovar els coneixements donats i avaluar la funcionalitat de les diferents pràctiques un cop han estat finalitzades, s'ha demanat als alumnes que fessin una avaluació del contingut treballat valorant diferents aspectes de cadascuna de les pràctiques, com són: l'interès de cadascun dels processos mostrats, la dificultat de realització de cadascuna de les pràctiques, la funcionalitat del material teòric facilitat com a explicacions dels processos i una avaluació general de les pràctiques i de l'estudiant d'enginyeria que ha supervisat i donat suport a l'hora de fer-les al laboratori.

Així doncs a continuació es mostra les dades obtingudes amb aquestes enquestes les quals han servit per avaluar des de la visió del alumnat al qual estan destinades aquests tallers de pràctiques, i que s'han analitzat i usat per tal de millorar les mancances i dificultats que han presentat cadascuna de les pràctiques.

El grup d'estudiants que han avaluat els tallers de pràctiques representa una mostra de quatre estudiants que es troben en l'impàs de primer curs de batxillerat cap a segon. S'han avaluat els resultats tenint en compte diferents dades estadístiques com són l'edat i el sexe dels participants.

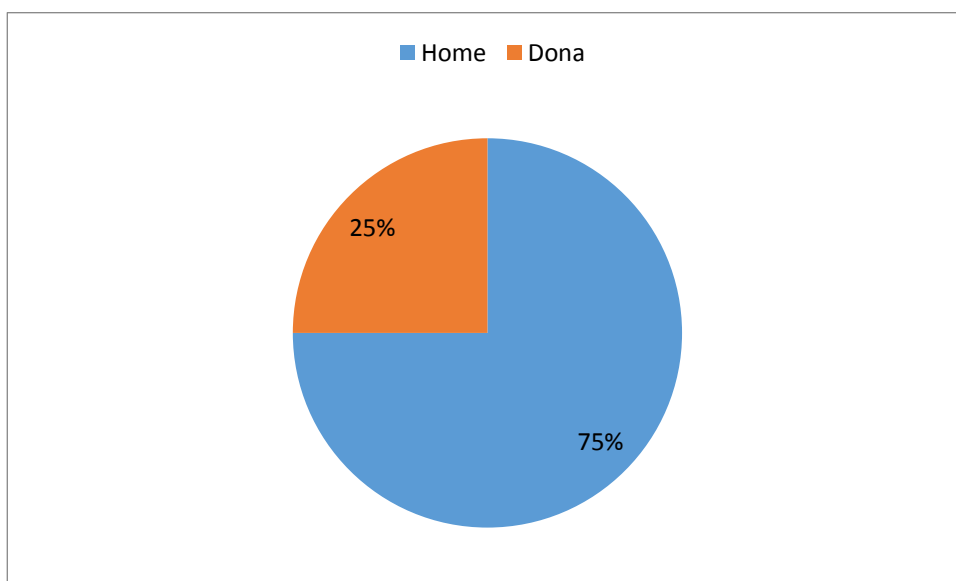
### Edat dels participants

L'edat dels participants es mou entre els 16 i 17 anys, edat representativa de l'audiència a la qual van destinats aquests tallers de pràctiques. Tres dels quatre participants en aquests tallers ja tenien complerts els 17 anys al realitzar les pràctiques, fent que la mostra de participants amb aquesta edat sigui del 75%.



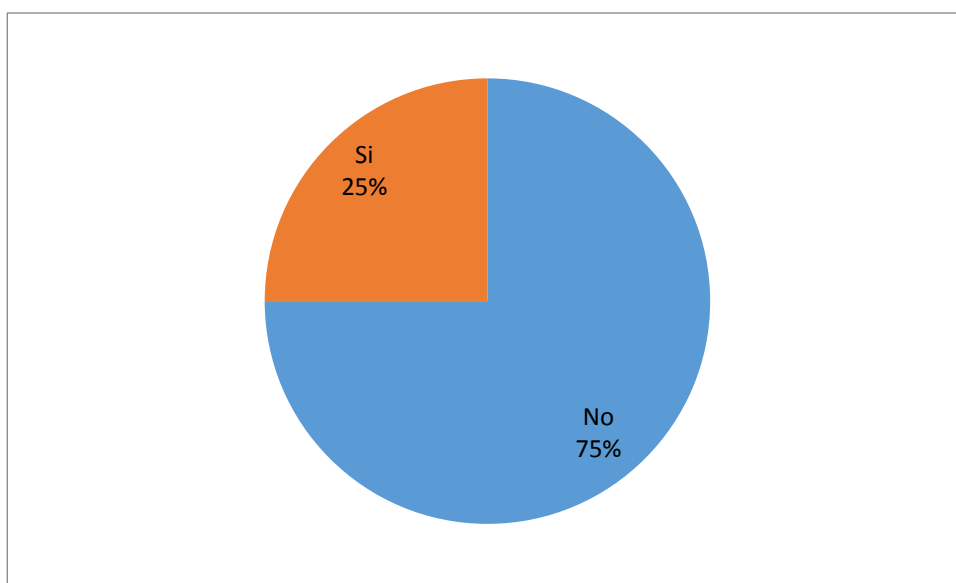
*Il·lustració 135: Gràfica dels estudiants que han realitzat les pràctiques per edat en anys. . Font: Pròpia*

La mostra per al que fa sexes també segueix la mateixa proporció de tres dels quatre participants, només un d'ells era dona fent la representació femenina el 25% del total de la mostra d'estudiants que han avaluat les pràctiques.



*Il·lustració 136: Gràfica dels estudiants que han realitzat les pràctiques per gèneres. Font: Pròpia*

Per al que fa a la modalitat de batxillerat que cursen aquests estudiants ens trobem amb un grup amb una alta variabilitat, on dos dels estudiants cursen estudis de batxillerat de la branca tecnològica, un d'ells de la branca científica i el darrer cursa estudis d'humanitats del batxillerat social. Aquesta variabilitat en els interessos dels estudiants ens ha aportat una visió més global dels seus interessos i ha ajudat positivament a avaluar el material explicatiu aportat a l'alumnat per tal de explicar, entendre i realitzar els processos fets a les pràctiques i la importància d'aquests a la indústria. Per altra banda del total de la mostra només un dels estudiants cursa l'assignatura de química del batxillerat, fet que ha propiciat que alguns de les explicacions prèvies per tal de comprendre els processos, siguin adaptades per tal de que qualsevol alumne pugui entendre què és el que està duent a terme i la seva importància.



*Il·lustració 137: Estudiants que cursen l'assignatura de química al batxillerat dels participants als tallers.  
Font: Pròpia*

## 5.1.- Sistema d'avaluació de les pràctiques

Els estudiants que han realitzat les practiques n'han avaluat tres factors, l'interès despertat per cadascuna de les pràctiques, la dificultat de cadascuna de les pràctiques i la adequació del material teòric previ a la practica facilitat, per tal d'entendre cadascuna d'aquestes.

### 5.1.1.- Valoració de l'interès de cada pràctica

El grup de 13 practiques ha estat classificat per cadascun dels estudiants seguint un ordre creixent on, la pràctica més interessant ha estat classificada amb el primer lloc mentre que la que han considerat la menys interessant ha estat classificada amb la 13 posició. A continuació es mostra la valoració dels alumnes per a cada pràctica seguint l'ordre de les pràctiques dins de la memòria del projecte.



Valoració de les pràctiques (valoració individual de cada pràctica)	Alumne 1	Alumne 2	Alumne 3	Alumne 4	mitjana
Pèrdues de càrrega dins d'un circuit (Processos fonamentals d'enginyeria química)	12	10	4	6	8,00
Transmissió de calor en intercanviador de tubs concèntrics. (Processos fonamentals d'enginyeria química)	3	9	2	5	4,75
Sistemes d'agitació i eliminació de vòrtex (Processos fonamentals d'enginyeria química)	10	4	1	4	4,75
Extracció d'olis essencials de plantes aromàtiques per arrossegament amb vapor (indústria cosmètica)	2	1	12	1	4,00
Preparació d'una emulsió per a crema hidratant(indústria cosmètica)	13	-	13	12	12,67
Cristal·lització, purificació i creació de comprimits d'àcid acetilsalicílic(Indústria farmacèutica)	1	2	6	9	4,50
Determinació de greixos per centrifugació d'una llet comercial (indústria alimentària)	6	7	5	8	6,50
Estudi de la dependència de la concentració de sucres de la fermentació alcohòlica amb <i>saccharomises cervisae</i> (indústria alimentària)	8	8	3	2	5,25
Determinació i extracció de greixos en continu d'una mostra de fruits secs (indústria alimentària)	5	-	10	7	7,33
Determinació i eliminació de polifenols en aigües residuals- Determinació de l'alçada necessària de filtres de carbó actiu (Processos de control mediambiental)	11	3	8	13	8,75
Efecte dels floculants en l'eliminació de partícules en suspensió (Processos de control mediambiental)	4	6	7	10	6,75
Obtenció i caracterització de biocombustibles a partir d'oli usat (indústria petroquímica)	9	5	9	11	8,50
Recobriments d'una peça metàl·lica amb una cel·la electrolítica (indústria metal·lúrgica)	7	-	11	3	7,00

Taula 36: Taula de valoracions dels estudiants per a les diferents pràctiques, es pot veure les valoracions al Annex 2

Com es pot observar a la taula 36, les dades facilitades per els alumnes per al que fa a la valoració de les pràctiques, en algun dels casos veiem que varien, és per això que n'avaluarem la desviació mitjana de la puntuació donada per els diferents estudiants per a cadascuna de les pràctiques:

Valoració de les pràctiques (valoració individual de cada pràctica)	mitjana	desviació mitjana
Pèrdues de càrrega dins d'un circuit (Processos fonamentals d'enginyeria química)	8	3,00
Transmissió de calor en intercanviador de tubs concèntrics. (Processos fonamentals d'enginyeria química)	4,75	2,25
Sistemes d'agitació i eliminació de vòrtex (Processos fonamentals d'enginyeria química)	4,75	2,63
Extracció d'olis essencials de plantes aromàtiques per arrossegament amb vapor (indústria cosmètica)	4	4,00
Preparació d'una emulsió per a crema hidratant(indústria cosmètica)	12,67	0,44
Cristal·lització, purificació i creació de comprimits d'àcid acetilsalicílic(Indústria farmacèutica)	4,5	3,00
Determinació de greixos per centrifugació d'una llet comercial (indústria alimentaria)	6,5	1,00
Estudi de la dependència de la concentració de sucres de la fermentació alcohòlica amb <i>saccharomises cerevisae</i> (indústria alimentaria)	5,25	2,75
Determinació i extracció de greixos en continu d'una mostra de fruits secs (indústria alimentaria)	7,33	1,78
Determinació i eliminació de polifenols en aigües residuals- Determinació de l'alçada necessària de filtres de carbó actiu (Processos de control mediambiental)	8,75	3,25
Efecte dels floculants en l'eliminació de partícules en suspensió (Processos de control mediambiental)	6,75	1,75
Obtenció i caracterització de biocombustibles a partir d'oli usat (indústria petroquímica)	8,5	1,75
Recobriments d'una peça metàl·lica amb una cel·la electrolítica (indústria metal·lúrgica)	7	2,67

Taula 37:Desviacions mitjanes entre les ponderacions donades per els alumnes enquestats.

Observant les diferents desviacions podem veure que totes tenen en general una desviació mitjana d'entre dos i quatre punts, exceptuant-ne dues, la pràctica 4.2.2 *Preparació d'una emulsió per a crema hidratant* i la pràctica 4.4.1 *Determinació de greixos per centrifugació d'una llet comercial*. On els alumnes enquestats han puntuat de forma més similar entre ells.

Així doncs segons les dades obtingudes a les enquestes l'ordre d'interès de les pràctiques realitzades des de la visió del alumnat quedaria de la següent forma:

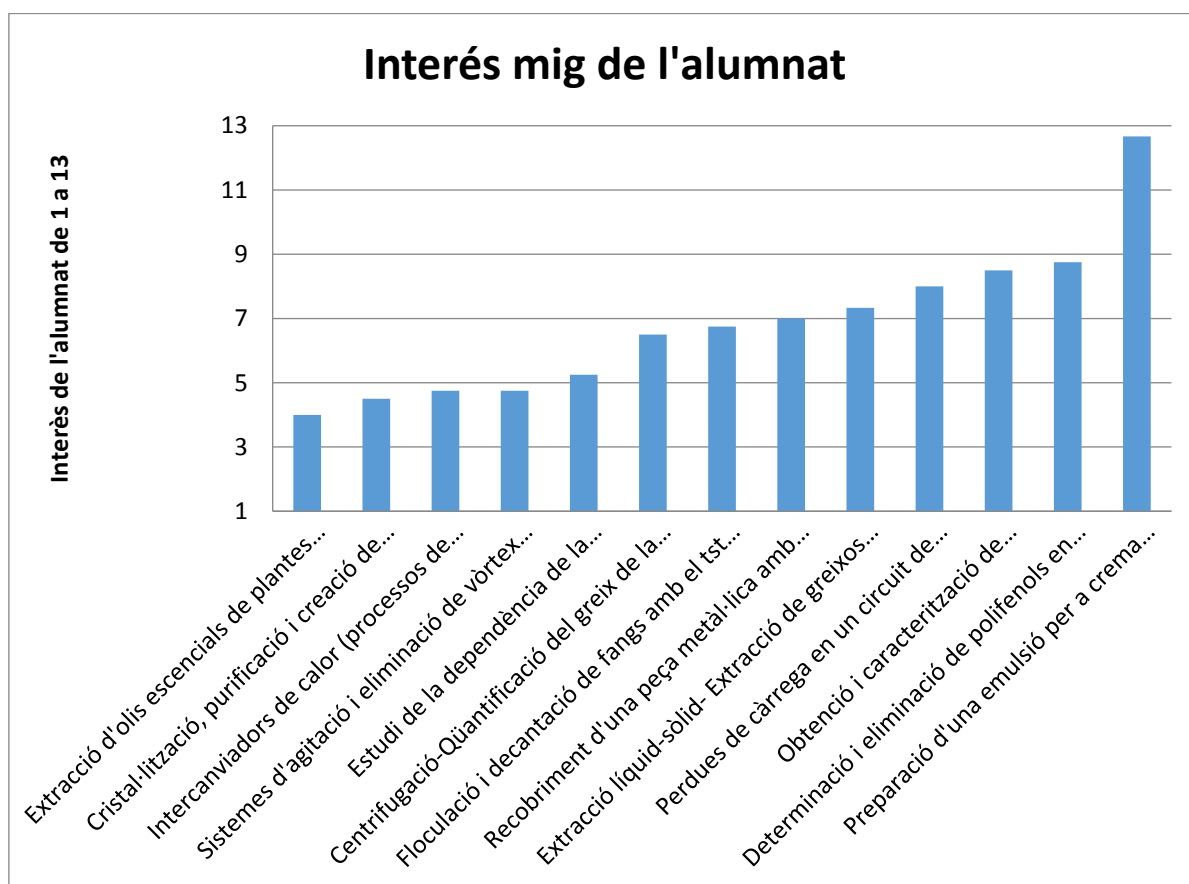
Ordre d'interès	Posició mitja d'interès segons l'alumnat	Títol de la pràctica i camp de la indústria química on es du a terme el procés
1	4,00	Extracció d'olis essencials de plantes aromàtiques per arrossegament amb vapor (indústria cosmètica)
2	4,50	Cristal·lització, purificació i creació de comprimits d'àcid acetilsalílic (Indústria farmacèutica)
3	4,75	Transmissió de calor en intercanviador de tubs concèntrics. (Processos fonamentals d'enginyeria química)
3	4,75	Sistemes d'agitació i eliminació de vòrtex (Processos fonamentals d'enginyeria química)
4	5,25	Estudi de la dependència de la concentració de sucres de la fermentació alcohòlica amb <i>saccharomises cerevisae</i> (indústria alimentària)
5	6,50	Determinació de greixos per centrifugació d'una llet comercial (indústria alimentària)
6	6,75	Efecte dels floculants en l'eliminació de partícules en suspensió (Processos de control mediambiental)
7	7,00	Recobriments d'una peça metàl·lica amb una cel·la electrolítica (indústria metal·lúrgica)
8	7,33	Determinació i extracció de greixos en continu d'una mostra de fruits secs (indústria alimentària)
9	8,00	Pèrdues de càrrega dins d'un circuit (Processos fonamentals d'enginyeria química)
10	8,50	Obtenció i caracterització de biocombustibles a partir d'oli usat (indústria petroquímica)
11	8,75	Determinació i eliminació de polifenols en aigües residuals- Determinació de l'alçada necessària de filtres de carbó actiu (Processos de control mediambiental)
12	12,67	Preparació d'una emulsió per a crema hidratant (indústria cosmètica)

Taula 38: Puntuació mitja de l'interès despertat per cada pràctica on la més interessant és la més propera a 1 i la menys interessant és la més propera al valor 13, segons els estudiants que han realitzat les pràctiques.

Així doncs donant com a la pràctica més ben valorada la pràctica 4.2.1 *Extracció d'olis essencials de plantes aromàtiques per arrossegament amb vapor*, la qual ha obtingut una posició mitja de 4 sobre les 13 pràctiques, on com més propera sigui la seva posició a 1 és major l'interès de l'alumne per al procés treballat a la pràctica. En contraposició trobaríem la pràctica 4.2.2 *Preparació d'una emulsió per a crema hidratant* la qual ha obtingut una

classificació mitja de 12,67 sobre les 13 pràctiques, fet que fa que segons els alumnes sigui la pràctica amb el procés menys interessant. Curiosament els dos extrems de la classificació han estat ocupats per processos que es duen a terme en el mateix sector de la indústria química, ambdós processos de gran importància per a la indústria cosmètica.

Si avaluem les practiques a partir de la puntuació mitja de totes elles trobem que la puntuació mitja d'aquestes és de  $X=6,83$ , fent així que 7 de les 13 pràctiques quedin amb una puntuació superior a la mitjana.



*Il·lustració 138: Classificació gràfica de les puntuacions de les diferents pràctiques segons l'alumnat de més a menys interessant.*

### 5.1.2.- Dificultat de les pràctiques realitzades

Un altre dels factors estudiats per les enquestes és la dificultat que els alumnes que les han realitzat han trobat. Aquest factor ha estat puntuat de 1 a 5, on la classificació va de 1 com a molt fàcil, 2-fàcil, 3-adient, 4- difícil i 5-molt difícil.

Així doncs l'avaluació de la dificultat de realització donada per els estudiants participants al taller de pràctiques queda reflectida d'aquesta forma:

valoració de les pràctiques (valoració individual de cada pràctica)	Alumne 1	Alumne 2	Alumne 3	Alumne 4	mitjana
Pèrdues de càrrega dins d'un circuit (Processos fonamentals d'enginyeria química)	3		3	5	3,67
Transmissió de calor en intercanviador de tubs concèntrics. (Processos fonamentals d'enginyeria química)	4	3	3	4	3,50
Sistemes d'agitació i eliminació de vòrtex (Processos fonamentals d'enginyeria química)	4	3	4	4	3,75
Extracció d'olis essencials de plantes aromàtiques per arrossegament amb vapor (indústria cosmètica)	3	3	3	3	3,00
Preparació d'una emulsió per a crema hidratant(indústria cosmètica)	2	2	2	3	2,25
Cristal·lització, purificació i creació de comprimits d'àcid acetilsalicílic(Indústria farmacèutica)	3	3	4	3	3,25
Determinació de greixos per centrifugació d'una llet comercial (indústria alimentària)	2		2	2	2,00
Estudi de la dependència de la concentració de sucres de la fermentació alcohòlica amb <i>saccharomises cerevisae</i> (indústria alimentària)	4	3	4	3	3,50
Determinació i extracció de greixos en continu d'una mostra de fruits secs (indústria alimentària)	4	4	2	4	3,50
Determinació i eliminació de polifenols en aigües residuals- Determinació de l'alçada necessària de filtres de carbó actiu (Processos de control mediambiental)	5	3	4	4	4,00
Efecte dels floculants en l'eliminació de partícules en suspensió (Processos de control mediambiental)	3	3	4	3	3,25
Obtenció i caracterització de biocombustibles a partir d'oli usat (indústria petroquímica)	3	1	2	2	2,00
Recobriment d'una peça metàl·lica amb una cel·la electrolítica (indústria metal·lúrgica)	3		1	2	2,00

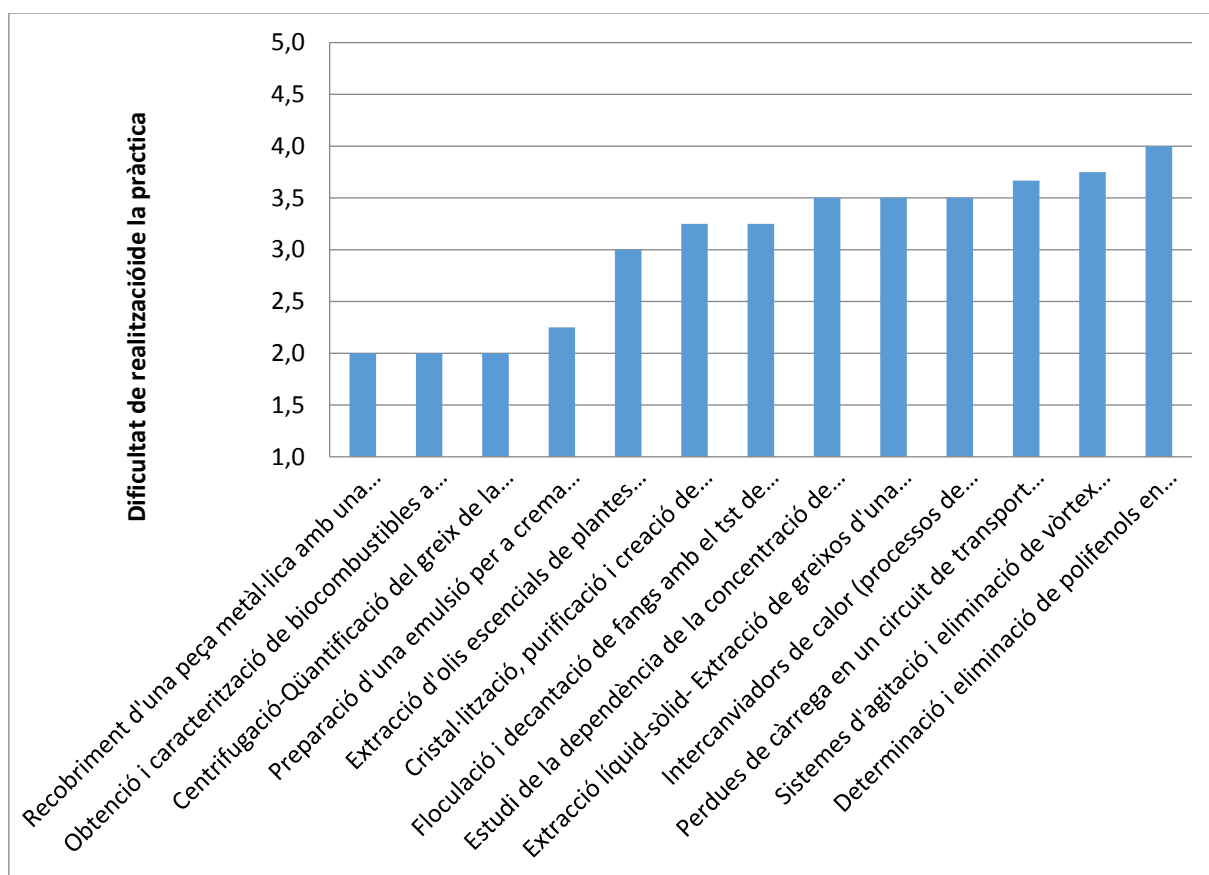
Taula 39: Valoració de la dificultat de les diferents pràctiques per part dels estudiants que han realitzat els tallers.

La classificació de la dificultat realització de les diferents pràctiques queda doncs de la següent forma:

Dificultat de menor a major	puntuació mitja	Títol de la pràctica i camp de la indústria química on es du a terme el procés
1	2,00	Recobriments d'una peça metàl·lica amb una cel·la electrolítica (indústria metal·lúrgica)
1	2,00	Obtenció i caracterització de biocombustibles a partir d'oli usat (indústria petroquímica)
1	2,00	Determinació de greixos per centrifugació d'una llet comercial (indústria alimentària)
2	2,25	Preparació d'una emulsió per a crema hidratant (indústria cosmètica)
3	3,00	Extracció d'olis essencials de plantes aromàtiques per arrossegament amb vapor (indústria cosmètica)
4	3,25	Cristal·lització, purificació i creació de comprimits d'àcid acetilsalicílic (Indústria farmacèutica)
4	3,25	Efecte dels floculants en l'eliminació de partícules en suspensió (Processos de control mediambiental)
5	3,50	Estudi de la dependència de la concentració de sucres de la fermentació alcohòlica amb <i>saccharomyces cerevisiae</i> (indústria alimentària)
5	3,50	Determinació i extracció de greixos en continu d'una mostra de fruits secs (indústria alimentària)
5	3,50	Transmissió de calor en intercanviador de tubs concèntrics. (Processos fonamentals d'enginyeria química)
6	3,67	Pèrdues de càrrega dins d'un circuit (Processos fonamentals d'enginyeria química)
7	3,75	Sistemes d'agitació i eliminació de vòrtex (Processos fonamentals d'enginyeria química)
8	4,00	Determinació i eliminació de polifenols en aigües residuals- Determinació de l'alçada necessària de filtres de carbó actiu (Processos de control mediambiental)

Taula 40: Classificació obtinguda per les diferents pràctiques de menor a major dificultat.

Com podem veure són varies les pràctiques que segons el criteri dels alumnes tenen un nivell de dificultat semblant sent les més fàcils de realitzar les pràctiques 4.7.1 *Recobriments d'una peça metàl·lica amb una cel·la electrolítica*, 4.6.1 *Obtenció i caracterització de biocombustibles a partir d'oli usat*, 4.4.1 *Determinació de greixos per centrifugació d'una llet comercial* i a l'hora sent la més complicada segons els mateixos la pràctica 4.5.1 *Determinació i eliminació de polifenols en aigües residuals i gruix de filtres de carbó actiu*. Per al que fa a la valoració mitjana de la dificultat de totes les pràctiques obtenim que la dificultat mitja d'aquestes és de Dificultat=3,05, així doncs entrant dins del sistema d'avaluació com a adients.



Il·lustració 139: Representació gràfica del grau de dificultat de cadascuna de les pràctiques segons el grup mostra d'alumnes.

### 5.1.3.- Adequació del material previ facilitat

El darrer element que han avaluat els alumnes és el material teòric previ que s'ha facilitat a mode d'explicacions teòriques en els previs de cada pràctica, l'escala usada per a aquesta valoració és de 1 a 3, on 1 equival a caldria més explicació, 2- adequat i 3-excés d'informació.

La valoració per part dels alumnes d'aquest apartat queda de la següent forma:

valoració de les pràctiques (valoració individual de cada pràctica)	Alumne 1	Alumne 2	Alumne 3	Alumne 4	mitjana
Pèrdues de càrrega dins d'un circuit (Processos fonamentals d'enginyeria química)	2	-	2	2	2,00
Transmissió de calor en intercanviador de tubs concèntrics. (Processos fonamentals d'enginyeria química)	2	2	2	2	2,00
Sistemes d'agitació i eliminació de vòrtex (Processos fonamentals d'enginyeria química)	2	2	2	2	2,00
Extracció d'olis essencials de plantes aromàtiques per arrossegament amb vapor (indústria cosmètica)	2	1	2	2	1,75
Preparació d'una emulsió per a crema hidratant(indústria cosmètica)	2	2	2	2	2,00
Cristal·lització, purificació i creació de comprimits d'àcid acetilsalicílic(Indústria farmacèutica)	2	2	1	2	1,75
Determinació de greixos per centrifugació d'una llet comercial (indústria alimentària)	2	-	2	2	2,00
Estudi de la dependència de la concentració de sucres de la fermentació alcohòlica amb <i>saccharomises cervisae</i> (indústria alimentària)	2	2	2	2	2,00
Determinació i extracció de greixos en continu d'una mostra de fruits secs (indústria alimentària)	2	2	2	2	2,00
Determinació i eliminació de polifenols en aigües residuals- Determinació de l'alçada necessària de filtres de carbó actiu (Processos de control mediambiental)	2	3	2	2	2,25
Efecte dels floculants en l'eliminació de partícules en suspensió (Processos de control mediambiental)	2	2	1	3	2,00
Obtenció i caracterització de biocombustibles a partir d'oli usat (indústria petroquímica)	2	2	2	2	2,00
Recobriment d'una peça metàl·lica amb una cel·la electrolítica (indústria metal·lúrgica)	2	-	2	2	2,00

Taula 41: Valoració per part dels alumnes del material previ aportat per l'estudiant d'enginyeria química



Tal i com es pot observar en la taula anterior en la majoria de casos l'alumnat ha valorat que la informació donada com a introduccions teòriques a les pràctiques realitzades són adients. Tot i això en les pràctiques *4.1.2 Transmissió de calor en intercanviador de tubs concèntrics*, *4.1.1 Pèrdues de carrega dins un circuit* han valorat que la informació prèvia donada és excessiva, mentre que les pràctiques *4.6.1 Obtenció i caracterització de biocombustibles a partir d'oli usat* i *4.5.1 Determinació i eliminació de polifenols en aigües residuals i gruix de filtres de carbó actiu* tenen una manca d'informació per tal de ser dutes a terme. Tenint en compte aquesta informació les introduccions teòriques d'aquestes pràctiques ha estat modificada en comparació amb el document original, per tal de millorar aquestes pràctiques i donar més facilitat al alumne a l'hora de realitzar-les.

## 5.2.- Avaluació general dels tallers de pràctiques realitzats i del alumne encarregat d'aquests

La mostra d'alumnes que varen realitzar les 13 pràctiques que componen aquest projecte també van donar una valoració general sobre els tallers i l'alumne encarregat de fer el projecte, el qual va estar donant suport i supervisant la realització de les diferents pràctiques. L'avaluació d'aquests dos factors s'ha fet usant una escala de 0 a 10 obtenint els següents resultats:

Alumne	Valoració general del taller de pràctiques realitzats	Valoració de l'estudiant d'enginyeria química encarregat de les pràctiques
1	8	8
2	9,5	9,9
3	8	8
4	8,5	9
<b>Nota mitja</b>	<b>8,5</b>	<b>8,75</b>

*Taula 42: Valoració general dels tallers i del alumne d'enginyeria encarregat de donar suport als estudiants de batxillerat al laboratori.*

La valoració obtinguda tal i com podem veure a l'anterior taula és molt positiva, tant per al que fa als tallers de pràctiques com al que fa a l'alumne encarregat de preparar, dissenyar i supervisar la realització de les pràctiques. Com a punt positiu d'aquesta posada en practica dels tallers és que la totalitat dels alumnes que l'han realitzat han trobat interessants els processos estudiats, i a l'hora recomanarien als seus respectius centres la participació en el programa de pràctiques, com a complement al currículum donat al batxillerat i més concretament a l'assignatura de química. Aquesta darrera dada és molt positiva ja que dona la possibilitat de l'aplicació d'aquests tallers, per la bona reacció per part de l'alumnat que ha servit de mostra d'aquest projecte. Totes les enquestes realitzades es poden trobar al apartat d'annexos del projecte.(*Annex 2 Enquestes dels alumnes*).

## 6.- Discussió general

En aquest projecte s'ha pogut fer una valoració del estat del sector industrial químic, tant pel que fa al estat espanyol com pel que fa al territori català. Com podem observar en els primers apartats del projecte, s'ha profunditzat més en l'estat general del sector espanyol, això és a causa que la quantitat d'informació que s'ha pogut trobar, seleccionar i treballar, és molt més extensa per al que fa a dades generals d'Espanya que per al que fa a les dades de Catalunya, fet que dificultava la cerca d'aquesta informació més específica. Com a resultat d'aquesta recerca podem determinar que tot i que l'estat de la indústria química al territori és bastant positiu, ja que tot i el continu estat de recessió provocat per l'esclat de la crisi el sector químic s'ha recuperat i segueix una tendència a l'alça, tot i així cal estar alerta, doncs les polítiques en el terme d'inversió en investigació dutes a terme pels darrers governs de l'estat fan que aquesta situació de benestar es mantingui en tensió constant.

Per al que fa l'objectiu del projecte, el qual era mostrar al alumnat de batxillerat científic les múltiples sortides de l'enginyer químic al món laboral, després de poder realitzar els tallers amb un grup, tot i que reduït, d'alumnes de l'edat a la que estan destinats aquests tallers, veient la predisposició que aportaven per la seva part, l'acceptació de les diferents pràctiques i la valoració rebuda per la seva part, podem dir que l'objectiu inicialment plantejat ha estat assolit. Les valoracions de les diferents pràctiques han servit per a poder realitzar modificacions dels diferents guions de pràctiques, per tal d'adaptar-ne el contingut que en un inici es va presentar als alumnes al que finalment es presenten en el recull de practiques del apartat 5 del projecte. A l'hora per al que fa a l'acceptació del conjunt de 13 pràctiques realitzades la totalitat dels alumnes que van realitzar les diferents pràctiques han valorat que seria interessant que es presentessin als seus respectius centres, i que aquests s'adherissin a programes de tallers de pràctiques de laboratori, ja que en general, opinen que durant els dos anys de preparació per als estudis superiors, es remarca més la importància de l'estudi clàssic de la teoria de les diferents matèries, i no es mostren moltes de les aplicacions dels estudis marcats per els diferents plans, fet que propicia que els estudiants els costi veure la utilitat pràctica d'alguns dels coneixements donats per aquests plans d'estudis.

També s'ha fet un seguiment del sector per tal de mostrar que en els darrers anys s'ha seguit una tendència a la alça pel que fa al volum de negoci i feina, fet que dona un nou incentiu en el context econòmic i social que es troba actualment el país per a que els estudiants triïn el grau d'enginyeria química com a una de les sortides amb més futur dins de l'àmbit laboral.

Al meu parer, amb el projecte s'ha arribat a l'objectiu plantejat, i ara és el moment de portar-lo a la pràctica amb grups d'alumnes de diferents centres. No obstant, crec que la majoria dels temes tractats a les diferents pràctiques poden servir com a idea inicial per a nous projectes ja que només s'ha fet pinzellades dels diferents sectors i processos per poder mostrar als alumnes el màxim de sortides possibles al grau d'enginyeria química. Com a resultat personal he pogut avaluar l'estat del sector químic, dir que les previsions de creixement són una motivació per al que depara el futur i veure que l'aposta per al sector és una opció correcta i amb bones perspectives per al que fa al futur laboral.

Les observacions més destacables per a cada una de les pràctiques realitzades es detallen a continuació:

- 4.1.1: Pèrdues de càrrega dins un circuit.

L'objectiu d'aquesta pràctica és adaptar una pràctica del grau per tal de mostrar al alumnat la importància de les bombes a l'hora de transmetre energia als fluïds a transportar i mostrar-los els efectes dels diferents elements que formen un circuit de transport de fluid i avaluar els efectes del cabal en les pèrdues de càrrega i apropar-los a les equacions i càlculs dels fenòmens de transport. Amb la creació del full de càlcul s'ha pogut facilitar els càlculs de la pràctica original i facilitant el càlcul pertinent de forma que l'alumnat de batxillerat només tingui que aplicar els canvis d'unitat pertinents al prendre les mesures.

- 4.1.2: Transmissió de calor en intercanviador de tubs concèntrics

L'objectiu a assolir és mostrar a l'alumnat les diferències entre les composicions de contracorrent i en paral·lel d'un bescanviador de calor, usant per a aquesta experiència un bescanviador de calor de tubs concèntrics, i calcular-ne l'intercanvi de calor entre els dos fluids. Tenint en compte els resultats obtinguts per els alumnes de la mostra, es considera que s'han aconseguit ambdós objectius.

- 4.1.3: Sistemes d'agitació i eliminació de vòrtex en reactors:

L'objectiu d'aquesta experiència és trobar els punts on s'aconseguia mantenir una mescla en suspensió, evitant amb l'ús de deflectors la formació de vòrtex, i observar així l'alçada necessària d'aquestes plaques per a cada velocitat d'agitació per a agitadors de pales i agitadors magnètics. Amb els resultats obtinguts, s'ha pogut trobar l'alçada mínima de deflector per a cada cas estudiat.

- 4.2.1: Extracció d'olis essencials de plantes aromàtiques per arrossegament de vapor:

L'objectiu d'aquesta pràctica és obtenir un oli essencial a partir de la tècnica d'arrossegament per vapor. Al obtenir un volum mesurable d'aquest producte podem determinar que hem arribat al objectiu principal de l'experiència. Tot i així, a partir de l'experiència realitzada crec que es podria fer un estudi de les quantitats d'oli per a les diferents plantes aromàtiques del nostre entorn, o les més usades en les indústries cosmètica, alimentària i farmacèutica, les quals són les principals consumidores d'aquests productes.

- 4.2.2: Preparació d'una emulsió per a cremes hidratants:

L'objectiu d'aquesta pràctica és mostrar al estudiant una de les operacions més usades a la indústria cosmètica, per a obtenir un material base de moltes de les cremes que es produeixen, usant únicament productes d'origen natural. Considero aquest objectiu assolit tenint en compte el valor afegit del fet que el participant es pot endur la mostra de l'emulsió creada al laboratori.

- 4.3.1: Cristal·lització, purificació i creació d'un comprimit d'àcid acetilsalicílic:

Aquesta pràctica buscava mostrar a l'alumne la importància de l'obtenció de productes d'alta puresa per a l'ús de la indústria farmacèutica i a l'hora mostrar tot el procés de formació d'un dels productes farmacèutics de major consum, com són els comprimits d'àcid acetilsalicílic. Des de la reacció de cristal·lització, filtració, dessecació i posterior comprovació de puresa. Finalitzant el procés de formació del comprimit, així mostrant la totalitat del procés de fabricació d'un producte d'aquesta indústria. Amb els resultats de puresa del cristall obtingut i la valoració del alumnat podem concloure que s'ha aconseguit l'objectiu marcat.

- 4.4.1: Determinació de greixos per centrifugació d'una llet comercial

L'objectiu a assolir en aquesta pràctica era l'obtenció i comprovació de la quantitat de greix present en un producte de consum de la indústria alimentària, avaluant així la veracitat de les indicacions alimentàries donades per el fabricant. Mostrant al alumnat l'ús de tècniques de separació amb centrífuga. Obtenint els valor marcats per el fabricant podem determinar que s'ha assolit l'objectiu de la pràctica.

- 4.4.2: Estudi de la dependència de la concentració de sucres en una fermentació alcohòlica amb *saccharomyces cerevisiae*.

S'ha observat i quantificat la producció d'etanol en una fermentació alcohòlica amb l'ús de microorganismes. Per fer aquesta quantificació s'ha usat les equacions estequiomètriques de la fermentació de sucres, quantificant el volum de gas desplaçat, quantificant així usant els factors de conversió adients la quantitat molar d'etanol format. Aquesta experiència es podria usar coma base de futurs treballs sobre la producció de begudes alcohòliques.

- 4.4.3: Determinació i extracció en continu d'una mostra de fruits secs amb extractor soxhlet.

L'objectiu era mostrar al alumnat un mètode d'extracció sòlid-líquid en continu, per fer-ho s'ha usat un muntatge de soxhlet, per tal de comprobar la informació nutricional d'un aliment sec. Al obtenir amb una gran exactitut els valors donats pel fabricant podem determinar que s'ha arribat al objectiu de la pràctica.

- 4.5.1: Determinació i eliminació de polifenols en aigües residuals – Determinació de l'alçada necessària de filtres de carbó actiu.

En aquesta pràctica es volia donar a l'alumne el concepte d'adsorció, i mostrar un dels mètodes de control de residus presents a les indústries, introduïnt també les tècniques espectrofotomètriques. Veient que s'ha pogut determinar l'eliminació en diferents alçades de filtre de carbó actiu, usat com a torre d'adsorció, podem concloure que s'ha arribat al objectiu marcat.

- 4.5.2: Efecte dels floculants en l'eliminació de partícules en suspensió en aigües residuals per decantació – Test de gerres.

Aquesta pràctica buscava mostrar a l'alumne un dels processos que es fan en les ddepuradores, plantes presents a la majoria de municipis, i la importància de l'ús de materials que ajudin a la precipitació de les partícules que queden en suspensió, introduïnt-los el concepte de floculant. Per fer-ho es buscava la quantitat necessària de concentració de floculant en l'aigua per tal d'obtenir una eliminació de les partícules suficientment alta (objectiu al que s'ha aconseguit arribar).

- 4.6.1: Obtenció i caracterització de biocombustibles a partir d'oli usat.

L'objectiu a assolir era la creació d'un biodiesel a partir de la recuperació del residu urbà d'oli de cuina usat, tot i obtenir un biocombustible la quantificació del seu poder energètic va mostrar que es trobava per sota de les dades bibliogràfiques, fet que l'objectiu de la pràctica s'assolis a mitges. Una proposta per a ampliació d'aquesta experiència per a futurs treballs penso que pot ser la creació d'un biocombustible amb capacitat energètica per a competir amb els obtinguts del refinat del petroli.

- 4.7.1: Recobriments d'una peça metàl·lica amb una cel·la electrolítica.

S'ha mostrat al alumnat un dels usos de les reaccions REDOX, vaig considerar important mostrar un dels usos a la indústria d'aquest tipus de reaccions, sortint de la típica pràctica del muntatge de la pila Daniel. Per això vaig decidir mostrar el procediment de recobriments de protecció de peces metàl·liques usant una cel·la electrolítica. Aquesta ha resultat una pràctica de ràpida realització i molt interessant, ja que segons el currículum de batxillerat aquest és el darrer bloc atreballar abans d'accedir a la formació universitària a l'assignatura de química i una de les operacions presents en moltes de les indústries químiques.

## 7.- Conclusions

L'objectiu del projecte ha estat generar un conjunt de tretze pràctiques basades en diferents camps de la indústria química en els quals la feina dels enginyers d'aquesta especialitat és primordial per al seu correcte desenvolupament.

Aquest ha comptat amb un grup de quatre estudiants de diferents modalitats de batxillerat, els quals es troben en l'etapa entre el primer i el segon curs d'aquesta preparació pre-universitària, i a la qual s'adrecen els tallers de pràctiques dissenyats en aquest treball. Les avaluacions realitzades per aquest grup mostra ens permet concretar quines desperten més interès, si són adequats als coneixements impartits al batxillerat, i si les explicacions teòriques afegides a les diferents pràctiques han estat adequades per al correcte desenvolupament de les pràctiques proposades a l'hora de despertar en aquest estudiants l'interès per a l'enginyeria i la química.

S'ha pogut avaluar la dificultat de cadascuna de les pràctiques, i els temps necessaris per realitzar cadascuna de les experiències realitzades. Veient que els temps d'aquestes es situen entre una i dues hores de treball al laboratori, es pot assegurar la viabilitat de les mateixes amb la correcte planificació.

La realització d'aquest projecte, per tant, permet mostrar processos de la majoria dels subsectors de la indústria química, com són el sector cosmètic, el farmacèutic, la indústria alimentària, els processos mediambientals, la petroquímica, la indústria metal·lúrgica i els processos fonamentals de l'enginyeria química, en un conjunt de tallers de pràctiques de laboratori. Pel que veient aquests resultats podem assegurar que l'objectiu principal del projecte ha estat assolit.



## 8.- Referencias

- (1) ¿Qué es la glicerina y para qué sirve? todo sobre sus usos y propiedades. A: [en línea]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://pierdepesoencasa.com/que-es-la-glicerina-y-para-que-sirve/#Que\\_es\\_la\\_glicerina](http://pierdepesoencasa.com/que-es-la-glicerina-y-para-que-sirve/#Que_es_la_glicerina).
- (2) ¿Qué es Petroquímica? - Su Definición, Concepto y Significado. A: [en línea]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://conceptodefinicion.de/petroquimica/>.
- (3) 123RF- Galería de Imágenes.BOTELLA DE ETANOL PURO CONCENTRADO. A: [en línea]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <https://us.123rf.com/450wm/erierika/erierika1108/erierika110800027/10238663-etanol-puro-concentrada-alcohol-et-lico-en-botella.jpg?ver=6>.
- (4) *2nd international conference on gas/liquid/solid reactor engineering* [en línea]., 1995. Rugby: Institution of Chemical Engineers. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [http://cataleg.upc.edu/record=b1110823~S1\\*cat](http://cataleg.upc.edu/record=b1110823~S1*cat).
- (5) AARFS.productos agroquímicos. A: [en línea]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: [http://aarfs.com.mx/aarfsac/wp-content/uploads/2017/03/servicios\\_agroqu%C3%ADmicos1.jpg](http://aarfs.com.mx/aarfsac/wp-content/uploads/2017/03/servicios_agroqu%C3%ADmicos1.jpg).
- (6) AB Sugar Company.PROYECTO: IDI-20140003. DESARROLLO DE NUEVO SISTEMA PRODUCTIVO DE AZÚCAR. A: [en línea]. [Consulta: 7 abril 2017]. Disponible a: <http://www.azucarera.es/pdf/conoce/Proyecto-IDI-20140003.pdf>.
- (7) acido-acetilsalicilico. A: [en línea]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <https://www.acidohialuronico.org/wp-content/uploads/acido-acetilsalicilico-336x205.jpg>.
- (8) Afruse SL.Aceites de almendras en Reus. A: [en línea]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <https://www.afruse.com/productos>.
- (9) Agencia Provincial de la Energia de Burgos.CLASIFICACIÓN - Energía de la Biomasa - Información Energética - Documentación e Imágenes - Agencia Provincial de la Energía de Burgos - Agenbur. A: [en línea]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.agenbur.com/es/contenido/index.asp?iddoc=409>.
- (10) Agrios, G., 2005. *Plant Pathology*. 5a ed. Elsevier Academic Press.
- (11) Al, M.V. et., 2008. *Microbial Biodegradation: Genomics and Molecular Biology*. Caister Academic Press.

- (12) Alais, C., 1985a. *Ciencia de la leche : principios de técnica lechera*. México, D. F.: Reverte. ISBN 8429118152.
- (13) Alba Souto, A. et al. OBTENCIÓN DE BIODIESEL POR VÍA ENZIMÁTICA. A: [en línea]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [http://www.edu.xunta.gal/centros/iessardineira/system/files/Proyecto\\_Dual\\_BDVE2015.pdf](http://www.edu.xunta.gal/centros/iessardineira/system/files/Proyecto_Dual_BDVE2015.pdf).
- (14) Alimentación-sana.com.ar *Chef: Quesos* [en línea]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/Chef/quesos.htm>.
- (15) Al-Mashikh, S.A. y N.S. i Al-Mashikh, S.A. y N.S., 1987. Reduction of beta-lactoglobulin content of cheese whey by polyphosphate precipitation. A: *J. Food Sci.* p. 52:1237.
- (16) Almaz Optics, I. *Sapphire, Al2O3* [en línea]. Almaz Optics. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: <http://www.almazoptics.com/sapphire.htm>.
- (17) ANAIP. ¿Qué son? A: [en línea]. [Consulta: 17 abril 2017 a]. Disponible a: <https://www.anaip.es/los-plasticos/que-es.html>.
- (18) ANAIP. Automoción y Transporte. A: [en línea]. [Consulta: 17 abril 2017 b]. Disponible a: <https://www.anaip.es/los-plasticos/aplicaciones/automocion-y-transporte.html>.
- (19) Annubar, S. De., 2004. Serie de caudalímetros. A: [en línea]. Disponible a: [http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/pm\\_rosemount\\_documents/00813-0109-4809.pdf](http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/pm_rosemount_documents/00813-0109-4809.pdf).
- (20) Appl, M. i Appl, M., 2006. Ammonia. A: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* [en línea]. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, DOI 10.1002/14356007.a02\_143.pub2. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://doi.wiley.com/10.1002/14356007.a02\\_143.pub2](http://doi.wiley.com/10.1002/14356007.a02_143.pub2).
- (21) ARATT. Intercambiador de carcasa y tubos. A: [en línea]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <http://www.aratt.es/img/montajeTubosDobles.png>.
- (22) Ariane., 2005. Statistics in focus C o n t e n t s. A: [en línea]. [Consulta: 14 setembre 2017]. Disponible a: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3433488/5576876/KS-NP-05-044-EN.PDF/3de5f62d-1c98-4a56-8a73-6fb6186806dc>.
- (23) Arjona, A., 2016. APLICACIÓ DE LA PELL DE TARONJA EN L'ELIMINACIÓ DELS COLORANTS CATIÒNICS. A: [en línea]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/89032/adrian.arjona\\_113979.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/89032/adrian.arjona_113979.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

- (24) Arتهistoria.jcyl.es i Arتهistoria.jcyl.es.*Ficha de La Lechera* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.artehistoria.jcyl.es/genios/cuadros/3060.htm>.
- (25) Artists Cooperative Groove Union U.A.*How Milk Causes Osteoporosis* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.4.waisays.com/CalcioExcesivo.htm>.
- (26) Asociación Española de Pediatría de Atención Primaria., E.L.O. et al., 2011. *Revista pediatría de atención primaria*. [en línia]. Asociación Española de Pediatría de Atención Primaria. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1139-76322011000200010&script=sci\\_arttext&lng=pt](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1139-76322011000200010&script=sci_arttext&lng=pt).
- (27) ATO.Lече brik - Ato. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.ato.cat/es/leche-brik/>.
- (28) Aucejo, A., 1999. *Introducció a l'enginyeria química* [en línia]. Barcelona : Pòrtic. ISBN 8473065565. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [http://cataleg.upc.edu/record=b1162633~S1\\*cat](http://cataleg.upc.edu/record=b1162633~S1*cat).
- (29) Aulinas, Barrabés, Ferrer, Heras, Planas, S.*Introducció a la biotecnologia pràctica* [en línia]. ISBN 978-84-8458-343-1 33 3. [Consulta: 18 abril 2017]. Disponible a: [http://www3.udg.edu/publicacions/vell/electroniques/Introduccio\\_Biotecnologia\\_practica/pdf/03\\_Aplicacions\\_de\\_la\\_biotecnologia.pdf](http://www3.udg.edu/publicacions/vell/electroniques/Introduccio_Biotecnologia_practica/pdf/03_Aplicacions_de_la_biotecnologia.pdf).
- (30) Azucarera.Mucho mas que azucar. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: <http://www.azucarera.es/pdf/conoce/Mucho-mas-que-azucar.pdf>.
- (31) Badui Dergal, S. i Valdés Martínez, S.E., 2006. *Química de los alimentos*. México, D.F.: Pearson Education. ISBN 9702606705.
- (32) Ballesteros, J.F.R.-G.M.E., 2007. *Biotecnología y posthumanismo*. Editorial Aranzadi.
- (33) BAYER.ASPIRINA 500 Comprimidos 500 mg. A: [en línia]. [Consulta: 21 abril 2017]. Disponible a: <http://www.farmaciasahumada.cl/fasa/MFT/PRODUCTO/P875.HTM>.
- (34) Becar, M. Know About Textile Fibres. A: [en línia]. [Consulta: 18 abril 2017 a]. Disponible a: [https://www.coatsindustrial.com/es/images/Know\\_About\\_Textile\\_Fibres\\_tcm62-9073.pdf](https://www.coatsindustrial.com/es/images/Know_About_Textile_Fibres_tcm62-9073.pdf).
- (35) Beliczky, L.D. i Fajen, J.Industria del Caucho. A: [en línia]. p. 80.1 -80.20. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/80.pdf>.

- (36) Berg, J.M. (Jeremy M. et al., 2007. *Biochemistry*. 6th. New York: W.H. Freeman. ISBN 0716787245.
- (37) Bermejo, A. i Madrid, C., 2004. Extracció sòlid-líquid (Soxhlet). A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: [ftp://ftp-urgell.upc.es/Quimica/EEQ/EEQ-1/INFORMES\\_2001-2016/2004-Primavera/INFORME\\_EEQ1\\_G10\\_E1.pdf](ftp://ftp-urgell.upc.es/Quimica/EEQ/EEQ-1/INFORMES_2001-2016/2004-Primavera/INFORME_EEQ1_G10_E1.pdf).
- (38) Bernardes, P.R. Lecitina de soja: el emulsionante versátil. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/16222-lecitina-soja-el-emulsionante-versatil>.
- (39) BERTHOLLET, C.L., 1795. *Elementos del arte de teñir, Volumen 2* [en línia]. Madrid: Imprenta Real. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://books.google.cat/books?id=dIF1K1M0fhIC&>.
- (40) Bimar Loga Científica. Extractor tipo Soxhlet. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: [http://www.bimarloga.com.ar/site/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=shop.flypage&product\\_id=950&category\\_id=100&manufacturer\\_id=0&option=com\\_virtuemart&itemid=1&vmcchk=1&Itemid=1](http://www.bimarloga.com.ar/site/index.php?page=shop.product_details&flypage=shop.flypage&product_id=950&category_id=100&manufacturer_id=0&option=com_virtuemart&itemid=1&vmcchk=1&Itemid=1).
- (41) BIODISOL.reaccion\_de\_transesterificacion\_para\_producir\_biodiesel.jpg (379×182). A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: [http://www.biodisol.com/wp-content/uploads/2008/06/reaccion\\_de\\_transesterificacion\\_para\\_producir\\_biodiesel.jpg](http://www.biodisol.com/wp-content/uploads/2008/06/reaccion_de_transesterificacion_para_producir_biodiesel.jpg).
- (42) BioQuad., 2009. Informe del sector de la indústria. A: [en línia]. [Consulta: 18 abril 2017]. Disponible a: [http://www.gencat.cat/mediamb/publicacions/Estudis/EDIS\\_sector\\_industrial.pdf](http://www.gencat.cat/mediamb/publicacions/Estudis/EDIS_sector_industrial.pdf).
- (43) Bird, R.B., Stewart, W.E. i Lightfoot, E.N., 1982. *Fenómenos de transporte : Un estudio sistemático de los fundamentos del transporte de materias, energía y cantidad de movimiento*. Reverté. ISBN 8429170502.
- (44) BOFARULL, R.D.M.Y., 1864. *Memoria sobre tintes y estampados, y sobre los adelantos que en estos ramos se presentaron en la Exposición Universal de Londres de 1862* [en línia]. Madrid: Imprenta nacional. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://books.google.cat/books?id=\\_GLte31rQmAC&](http://books.google.cat/books?id=_GLte31rQmAC&).
- (45) Bogatecnia. Fertilizantes. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <http://bogatecnica.com/wp-content/uploads/2015/12/Fertilizantes-1024x710.jpg>.

- (46) Boletín Química y Sociedad - OCTUBRE 2016. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.quimicaysociedad.org/newsletter/84>.
- (47) Bonsfills, A. et al. Intercanviadors de calor. A: [en línia]. [Consulta: 2 maig 2017]. Disponible a: <http://www.epsem.upc.edu/intercanviadorsdecalor/index.html>.
- (48) Borràs, J., 2013. *Procés de Bolonya* [en línia]. Barcelona: Pol·len edicions. [Consulta: 17 abril 2017]. Disponible a: [https://ca.wikipedia.org/wiki/Proc%C3%A9s\\_de\\_Bolonya](https://ca.wikipedia.org/wiki/Proc%C3%A9s_de_Bolonya).
- (49) Brew, K., G.J.A., 1992.  *$\alpha$ -Lactalbumin*. Advanced Dairy Chemistry. proteins, vol. 1. Ed. P.F. Fox.
- (50) Bugg, T., 2004. *Introduction to enzyme and coenzyme chemistry*. 2nd. Blackwell Pub. ISBN 1405114525.
- (51) Byers, K.G. i Savaiano, D.A., 2005. The myth of increased lactose intolerance in African-Americans. A: *Journal of the American College of Nutrition* [en línia]. Vol. 24, núm. 6 Suppl, p. 569S-73S. ISSN 0731-5724. DOI 10.1080/07315724.2005.10719505. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16373956>.
- (52) Caicedo, A.M. et al., 1998. *Sorgo y Maiz* [en línia]. Corpoica. ISBN 978-958-96059-4-3. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <http://books.google.com/books?id=fMkyfBz08kIC>.
- (53) Calleja., 1999. *Introducción a la ingeniería química*. Síntesis. ISBN 9788477386643.
- (54) Campbell, N.A. et al., 2006. *Biology : exploring life* [en línia]. Boston, Massachusetts: Pearson/Prentice Hall. ISBN 0132508826. [Consulta: 24 maig 2017]. Disponible a: [http://www.phschool.com/el\\_marketing.html](http://www.phschool.com/el_marketing.html).
- (55) Cardescu. Industria de la pintura. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <http://cardescu.es/industria-de-la-pintura/>.
- (56) Cardona Planes, A.M. i Mollet i Muntaner, J., 2002. *Experimentació en Enginyeria Química II : guions de pràctiques* [en línia]. Manresa : EUPM. Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals. Secció d'Enginyeria Química. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [http://cataleg.upc.edu/record=b1220811~S1\\*cat](http://cataleg.upc.edu/record=b1220811~S1*cat).

- (57) Casal Fàbrega, J., Clotet, R. i Societat Catalana de Tecnologia., 1995. *Operacions unitàries de la indústria alimentària* [en línia]. Societat Catalana de Tecnologia. ISBN 9788472832800. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: [https://books.google.es/books?id=lyMLet0nzJ4C&pg=PA317&lpg=PA317&dq=obtenci%C3%B3+del+sucre+de+la+remolatxa&source=bl&ots=CyqMeXCM6Y&sig=6erGSRN2nTEnCSvA5N0yrYG5drY&hl=ca&sa=X&ved=0ahUKEwiD\\_M-3qP7SAhUftRQKHxImDAYQ6AEIRzAG#v=onepage&q=obtenci%C3%B3+del+suc](https://books.google.es/books?id=lyMLet0nzJ4C&pg=PA317&lpg=PA317&dq=obtenci%C3%B3+del+sucre+de+la+remolatxa&source=bl&ots=CyqMeXCM6Y&sig=6erGSRN2nTEnCSvA5N0yrYG5drY&hl=ca&sa=X&ved=0ahUKEwiD_M-3qP7SAhUftRQKHxImDAYQ6AEIRzAG#v=onepage&q=obtenci%C3%B3+del+suc).
- (58) Catalana, G.E.Emulgent - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Emulgent>.
- (59) Caucho - Wikipedia, la enciclopedia libre. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <https://es.wikipedia.org/wiki/Caucho>.
- (60) Caviglia, M.L.tipos\_rodete.jpg (664×433). A: [en línia]. [Consulta: 19 abril 2017]. Disponible a: [http://procesosbio.wikispaces.com/file/view/tipos\\_rodete.jpg/320373828/tipos\\_rodete.jpg](http://procesosbio.wikispaces.com/file/view/tipos_rodete.jpg/320373828/tipos_rodete.jpg).
- (61) Cavitación de una bomba centrífuga. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: <http://www.pricast.es/files/6249/style/img/Cavitacion-de-una-bomba-centrifuga.pdf>.
- (62) Centre de Recursos per l'Aprenentatge i la Investigació. (CRAI) - Unitat de Docència (UD).Tema 5. Reaccions en atmosfera inerta | Tècniques i operacions avançades al laboratori químic (TALQ). A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: <http://www.ub.edu/talq/ca/node/25>.
- (63) Cerezal, P.J.Cataluña, la comunidad que más se beneficia del comercio interior,Datos macroeconómicos, economía y política - Expansión.com. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.expansion.com/2014/02/01/economia/1391273811.html>.
- (64) Chan, J.M., Chan, J.M. i Giovannucci, E.L., 2001. Dairy products, calcium, and vitamin D and risk of prostate cancer. A: *Epidemiologic Reviews*. Vol. 1, núm. 23, p. 87-92.
- (65) Chandan, R.D.. y S.K.M. i Chandan, R.D.. y S.K.M., 1992. Yogurt. Cap. 1. A: *Dairy Science and Technology Handbook*, vol. 2. p. 1-56.
- (66) Chapman, A.J., Zabara Czorna, O. i Muñoz Tomás, E., 1990. *Transmisión del calor*. Madrid: Bellisco. ISBN 8485198425.
- (67) Charles Alais, A.L.G. i Charles Alais, A.L.G., 1985. *Ciencia de la leche: principios de técnica lechera*. México, Pearson Educación.

- (68) Chefuri.com.*Cocina Hindú. Características* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://www.chefuri.com/v4/reportaje-Cocina\\_Hind%C3%BA.\\_Caracter%C3%ADsticas-197.html](http://www.chefuri.com/v4/reportaje-Cocina_Hind%C3%BA._Caracter%C3%ADsticas-197.html).
- (69) Ciberhabitat.gob.mx.*La informática en la producción de leche en polvo*. [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://ciberhabitat.gob.mx/fabrica/leche/textos/leche.htm>.
- (70) CIES.*CIES - Centro de Investigación y Educación para la Salud* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://www.cies.edu.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=24&Itemid=47](http://www.cies.edu.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=47).
- (71) Clasificación Nacional de Actividades Económicas - Wikipedia, la enciclopedia libre. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [https://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n\\_Nacional\\_de\\_Actividades\\_Econ%C3%B3mic](https://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_Nacional_de_Actividades_Econ%C3%B3micas) as.
- (72) Coeficient de convecció - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: [https://ca.wikipedia.org/wiki/Coeficient\\_de\\_convecció](https://ca.wikipedia.org/wiki/Coeficient_de_convecció).
- (73) Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona.Informe sectorial 2013 Las 10 claves para conocer el sector. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://w27.bcn.cat/porta22/images/es/Barcelona\\_treball\\_Informe\\_sectorial\\_Industria\\_Quimica\\_2013\\_cast\\_tcm24-4026.pdf](http://w27.bcn.cat/porta22/images/es/Barcelona_treball_Informe_sectorial_Industria_Quimica_2013_cast_tcm24-4026.pdf).
- (74) Cómo hacer emulsionante para cremas, con lecitina de soja - YouTube. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [https://www.youtube.com/watch?v=KD4a\\_VhqRZs](https://www.youtube.com/watch?v=KD4a_VhqRZs).
- (75) Comprimidos farmacéuticos. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: [http://www.runners.es/media/cache/runners\\_all/upload/images/article/9607/article-puedo-tomar-pastillas-cafeina-en-vez-de-geles-de-glucosa-entrenando-533be1949ce23.jpg](http://www.runners.es/media/cache/runners_all/upload/images/article/9607/article-puedo-tomar-pastillas-cafeina-en-vez-de-geles-de-glucosa-entrenando-533be1949ce23.jpg).
- (76) Contactmusic.com i Contactmusic.com.*Gest's Zebra Milk Request* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://www.contactmusic.com/news.nsf/article/gests\\_zebra\\_milk\\_request\\_1013812](http://www.contactmusic.com/news.nsf/article/gests_zebra_milk_request_1013812).
- (77) Conti, A. y otros: i Conti, A. y otros.; 2007. Efficacy of donkey's milk in treating highly problematic cow's milk allergic children: An in vivo and in vitro study. A: *Pediatric Allergy and Immunology*. Vol. 18, núm. 3.

- (78) Cornish-Bowden, A., 1998. *New beer in an old bottle : Eduard Buchner and the growth of biochemical knowledge* [en línia]. Valencia: Universitat de València. ISBN 8437033284. [Consulta: 24 maig 2017]. Disponible a: <http://bip.cnrs-mrs.fr/bip10/buchner.htm>.
- (79) Coronel, M. ácido acetilsalicílico. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <http://www.monografias.com/trabajos12/aspirin/image001.jpg>.
- (80) Costa López, J. i Universitat de Barcelona. Departament d'Enginyeria Química i Metal·lúrgia., 1997. *Problemes d'introducció a l'enginyeria química* [en línia]. Edicions Universitat de Barcelona. ISBN 9788483380192. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [https://books.google.es/books?id=F0Rf9Vtmo9QC&pg=PP3&lpg=PP3&dq=experimentacio+enginyeria+quimica&source=bl&ots=uX3VoSWVx0&sig=ftWd6ZlxxD0SgjEamhsfLXXFId4&hl=ca&sa=X&ved=0ahUKEwiAuarw4-zUAhVDlxQKHV3iAO44ChDoAQg0MAQ#v=onepage&q=experimentacio enginyeria qu](https://books.google.es/books?id=F0Rf9Vtmo9QC&pg=PP3&lpg=PP3&dq=experimentacio+enginyeria+quimica&source=bl&ots=uX3VoSWVx0&sig=ftWd6ZlxxD0SgjEamhsfLXXFId4&hl=ca&sa=X&ved=0ahUKEwiAuarw4-zUAhVDlxQKHV3iAO44ChDoAQg0MAQ#v=onepage&q=experimentacio%20enginyeria%20qu).
- (81) Costaricalinda.com i Costaricalinda.com. *Mamíferos de Costa Rica* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://costaricalinda.com/Mamiferos/>.
- (82) Crank, J., 1975. *The mathematics of diffusion*. Clarendon Press. ISBN 0198534116.
- (83) Crittenden, R.G. i Bennett, L.E., 2005. Cow's milk allergy: a complex disorder. A: *Journal of the American College of Nutrition* [en línia]. Vol. 24, núm. 6 Suppl, p. 582S-91S. ISSN 0731-5724. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16373958>.
- (84) Cussler, E.L., 2009. *Diffusion : mass transfer in fluid systems*. Cambridge University Press. ISBN 9780521871211.
- (85) Daintith, J., 2004. *A dictionary of chemistry*. Oxford, England: Oxford University Press. ISBN 0198609183.
- (86) Darby, R., 2001. *Chemical engineering fluid mechanics*. Marcel Dekker. ISBN 0824704444.
- (87) Dargal Badui, S. i Dargal Badui, S., 2006. *Química de los Alimentos. Cap. 12 Leche*. Edit. Pearson, Addison Wesley. 4ª Edición.
- (88) David Brawand, W.W. y H.K. i David Brawand, W.W. y H.K., 2008. Loss of Egg Yolk Genes in Mammals and the Origin of Lactation and Placentation. A: *PLoS Bio* [en línia]. Vol. 6, núm. 3. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2267819>.



- (89) Dawson, R.M.C. (Rex M.C., 1986. *Data for biochemical research*. 3rd. Oxford: Clarendon Press. ISBN 0198553587.
- (90) Day, L. et al., 2006. Wheat-gluten uses and industry needs. A: *Trends in Food Science & Technology* [en línia]. Vol. 17, núm. 2, p. 82-90. ISSN 09242244. DOI 10.1016/j.tifs.2005.10.003. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224405002487>.
- (91) Delaval.*Leche* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://www.delaval.com.ar/Dairy\\_Knowledge/EfficientCooling/Leche.htm](http://www.delaval.com.ar/Dairy_Knowledge/EfficientCooling/Leche.htm).
- (92) Deng, Y. et al., 2015. Lactose Intolerance in Adults: Biological Mechanism and Dietary Management. A: *Nutrients* [en línia]. Vol. 7, núm. 9, p. 8020-35. ISSN 2072-6643. DOI 10.3390/nu7095380. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26393648>.
- (93) Descremado, Pasteurizado y Estandarización de la Leche de Patricio Tambo Cuenca en Prezi. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: <https://prezi.com/g7bcod8zohus/descremado-pasteurizado-y-estandarizacion-de-la-leche/?webgl=0>.
- (94) DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://organica1.org/1311/1311pdf10.pdf>.
- (95) Diaz, E., 2008. *Microbial Biodegradation: Genomics and Molecular Biology* [en línia]. 1a ed. Caister Academic Press. [Consulta: 24 maig 2017]. Disponible a: <http://www.horizonpress.com/biod>.
- (96) Direct Industry.fotografía intercambiador de placas. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/8605-2853507.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/8605-2853507.jpg).
- (97) Directo, E. i Directo, E., 2016. *Una comparativa de consumo entre diésel y gasolina* [en línia]. [Consulta: 6 setembre 2017]. Disponible a: <http://enerplusdirecto.es/una-comparativa-de-consumo-entre-diesel-y-gasolina/>.
- (98) Diseño de Equipos e Instalaciones. Tema 7. Intercambiadores de Calor. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.hidroterm.com.ve/documentacion/intercambiadoresdecalor.pdf>.

- (99) Dorofeïchuk, V.G. et al., 1987. Protective properties of moose's milk and perspectives of its use in pediatric gastroenterology. A: *Voprosy Pitaniia* [en línia]. núm. 5, p. 33-5. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list\\_uids=3439068&dopt=Abstract](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=3439068&dopt=Abstract).
- (100) Ecured.Electrodeposición - EcuRed. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <https://www.ecured.cu/Electrodeposición>.
- (101) Edelsztejn, V. i Edelsztejn, V., 2011. *Los remedios de la abuela : mitos y verdades de la medicina casera*. Siglo Veintiuno Editores. ISBN 9789876291798.
- (102) Educaonline S.L., 2017. Ingeniero químico - educaweb.com. A: [en línia]. [Consulta: 27 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.educaweb.com/profesion/ingeniero-quimico-404/>.
- (103) Emaze.Paralelo. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <https://userscontent2.emaze.com/images/72bc9598-ffaf-40a1-af1a-dd98b669815c/bc1c68d4-c0e4-4ec6-9101-4e76d3b413be.png>.
- (104) Escola La Vitxeta.Hem fet oli d'ametlla! A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <http://lavitxeta.net/hem-fet-oli-dametlla/>.
- (105) Extractor Soxhlet - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [https://ca.wikipedia.org/wiki/Extractor\\_Soxhlet](https://ca.wikipedia.org/wiki/Extractor_Soxhlet).
- (106) FAO.Producción y productos lácteos: Composición de la leche. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/leche-y-productos-lacteos/composicion-de-la-leche/es/#.WcKU6LJJbcu>.
- (107) FAOSTAT.*Poduction quantity (1000 tonnes)* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://web.archive.org/web/http://faostat.fao.org/site/340/default.aspx>.
- (108) Fawcett, D.W. y J.R.P. i Fawcett, D.W. y J.R.P., 1999. *Compendio de histología*. McGraw Hill.
- (109) Feique.Datos Sector Químico Español 2016 - Radiografía Sector Feique. A: [en línia]. [Consulta: 18 abril 2017]. Disponible a: <http://radiografia.feique.org/#dos>.
- (110) FeiQue.Datos Sector Químico Español 2017 - Radiografía Sector Feique. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017 a]. Disponible a: <http://radiografia.feique.org/#!/dos>.

- (111) FeiQue.El sector en cifras | FEIQUE - Federación Empresarial de la Industria Química Española. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017 b]. Disponible a: <http://www.feique.org/el-sector-en-cifras/>.
- (112) Felder, R.M. i Rousseau, R.W., 2003. *Principios elementales de los procesos químicos*. Limusa Wiley. ISBN 9789681861698.
- (113) Flamez, B., Clark, A.A. i Sheperis, C.J., 2014. Celiac Disease. A: *The Family Journal* [en línia]. Vol. 22, núm. 2, p. 226-230. ISSN 1066-4807. DOI 10.1177/1066480713515407. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1066480713515407>.
- (114) Foundation, C.D.R. i Foundation, C.D.R. *The Milk Genome: Using Science to Mine the Benefits of Our Most Nutritious Food* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://www.cdrf.org/doc/Dairy Dispatch/Summer 2004 Edition/MilkGenome.doc](http://www.cdrf.org/doc/Dairy%20Dispatch/Summer%202004%20Edition/MilkGenome.doc).
- (115) Fox, P.F. i McSweeney, P.L.H., 2003a. *Advanced dairy chemistry*. Kluwer Academic/Plenum. ISBN 0306472716.
- (116) Friedman, Y., 2006. *Building biotechnology : starting, managing, and understanding biotechnology companies* [en línia]. Washington, DC: ThinkBiotech. ISBN 9780973467635. [Consulta: 24 maig 2017]. Disponible a: <http://www.buildingbiotechnology.com>.
- (117) Fujitaki, K., Matsuda (seud.) i Trend-Pro Co., 2010. *La guía manga de la electrónica*. Gondo. ISBN 9788493794248.
- (118) Fukuyama, F., 2002. *El fin del hombre: consecuencias de la revolución biotecnológica*. Ediciones B.
- (119) García Martínez, nombre, Segovia, F. i López, F. Determinación del contenido en grasa de la leche por el método Gerber 1 Resumen de las ideas clave. A: [en línia]. [Consulta: 17 maig 2017]. Disponible a: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30627/Grasa leche-2013.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30627/Grasa_leche-2013.pdf?sequence=1).
- (120) García, J.M., Ángel, C.J. i Laborda, G. BIOCARBURANTES LÍQUIDOS: BIODIÉSEL Y BIOETANOL. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/Publicacion/doc/VT/vt4\\_Biocarburante s\\_liquidos\\_biodiesel\\_y\\_bioetanol.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/Publicacion/doc/VT/vt4_Biocarburantes_liquidos_biodiesel_y_bioetanol.pdf).

- (121) German, J. y otros: i German, J. y otros:, 2007. Gene regulatory networks in lactation: identification of global principles using bioinformatics. A: *BMC Syst Biol.* Vol. 1, núm. 56.
- (122) Gerona, U. de i Gerona, U. de. *Cultivos de bacterias lácticas* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://www.tdx.cesca.es/TESIS\\_UdG/AVAILABLE/TDX-0711105-114345//TlZr.pdf](http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UdG/AVAILABLE/TDX-0711105-114345//TlZr.pdf).
- (123) Giftpflanzen.com i Giftpflanzen.com. *Doldiger Milchstern (Ornithogalum umbellatum)* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://www.giftpflanzen.com/ornithogalum\\_umbellatum.html](http://www.giftpflanzen.com/ornithogalum_umbellatum.html).
- (124) Giudice, C.A. i Pereyra, A.M. ELECTRODEPOSICIÓN: PROCESOS CATÓDICOS RECUBRIMIENTOS METÁLICOS. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/protecmat/electrodeposicion.pdf>.
- (125) GND:4000788-1. Química agrícola - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. A: [en línia]. [Consulta: 18 abril 2017]. Disponible a: [https://ca.wikipedia.org/wiki/Química\\_agrícola](https://ca.wikipedia.org/wiki/Química_agrícola).
- (126) GND:4124906-9. Remolatxa sucrera - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. A: [en línia]. [Consulta: 18 abril 2017]. Disponible a: [https://ca.wikipedia.org/wiki/Remolatxa\\_sucrera](https://ca.wikipedia.org/wiki/Remolatxa_sucrera).
- (127) GND:4152382-9. Entomologia - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Entomologia>.
- (128) Goi, I. i Eskola, M., 2008. «*Pérdidas de carga en los componentes de las instalaciones hidráulicas*» (*Head fitting losses in hydraulic systems*).
- (129) Gómez Expósito, A., 2005. *Teoría de circuitos: ejercicios de autoevaluación*. México. ISBN 9788497324182.
- (130) González Sánchez, M., 2013. *Elaboración de leches para el consumo (UF1281)*. [en línia]. IC Editorial. ISBN 9788416067343. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: [https://books.google.es/books?id=bQwmAwAAQBAJ&pg=PT129&lpg=PT129&dq=desnatacion+de+la+leche&source=bl&ots=K1699DEVeA&sig=FDetpF\\_ypXigvmMN-a4nUNZohRM&hl=ca&sa=X&ved=0ahUKEwjF09ejuefTAhWFvRoKHbCZDjYQ6AEIZTAH#v=onepage&q=desnatacion de la leche&f=false](https://books.google.es/books?id=bQwmAwAAQBAJ&pg=PT129&lpg=PT129&dq=desnatacion+de+la+leche&source=bl&ots=K1699DEVeA&sig=FDetpF_ypXigvmMN-a4nUNZohRM&hl=ca&sa=X&ved=0ahUKEwjF09ejuefTAhWFvRoKHbCZDjYQ6AEIZTAH#v=onepage&q=desnatacion+de+la+leche&f=false).
- (131) Gresti, B.M. i B., 1993. *Composition of molecular species of triacylglycerols in bovine milk fat*. J. Dairy Sci.
- (132) Guilherme Garcia Lima, A. poder calorifico. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.antoniolima.web.br.com/arquivos/podercalorifico.htm>.

- (133) Gutiérrez Martínez, 2008. *Manual práctico de manejo de una explotación de vacuno lechero* [en línia]. Servicio de Formación Agraria e Iniciativas, Junta de Castilla y León. ISBN 9788461213740. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://www.agriculturaganaderia.jcyl.es/web/jcyl/AgriculturaGanaderia/es/Plantilla100Detalle/1131977209076/\\_/1250170548860/Redaccion](http://www.agriculturaganaderia.jcyl.es/web/jcyl/AgriculturaGanaderia/es/Plantilla100Detalle/1131977209076/_/1250170548860/Redaccion).
- (134) Hadsell, D. y otros i Hadsell, D. y otros., 1999. Regulation of milk protein gene expression. A: *Annual Review of Nutrition*. Vol. 19.
- (135) Harper, J.W. i Harper, J.W., 1976. *Processing-induced changes*. Dairy Technology and Engineering, The Avi Publishing, Westport, Conn.
- (136) Hayakawa, S.Y.N.S. i Hayakawa, S.Y.N.S., 1985. Relationships of hydrophobicity and net charge to the solubility of milk and soy proteins. A: *J. Dairy Sci.* p. 76:1850-1869.
- (137) Hegsted, M. i Hegsted, M., 1986. Calcium and osteoporosis. A: *Journal of Nutrition*. núm. 116, p. 2316-2319.
- (138) Henco, A., 2007. *International biotechnology : economics and policy* [en línia]. Authors OnLine. ISBN 9780755202935. [Consulta: 24 maig 2017]. Disponible a: <http://books.google.com/books?id=OKnbGQAACAAJ>.
- (139) Hesketh, R.P. i C. Stewart, S. Cost Effective Experiments in Chemical Engineering Core Courses - Department of Chemical Engineering Rowan University. A: .
- (140) Heyman, M.B. i Committee on Nutrition, M.C. on N., 2006. Lactose intolerance in infants, children, and adolescents. A: *Pediatrics* [en línia]. Vol. 118, núm. 3, p. 1279-86. ISSN 1098-4275. DOI 10.1542/peds.2006-1721. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16951027>.
- (141) Hill, A.R.. I.D.M. y B.D.H, 1985. Buffer capacity of cheese wheys. A: *J. Food Sci.* p. 50.
- (142) Himmelblau, D.M. Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: <http://www.ugr.es/~aulavirtualpfcic/balancestemateriayenergia.html>.
- (143) Histopecta. Recubrimientos metálicos |. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <https://histopecta.com/apuntes-de-optica/monturas/fabricacion-de-gafas-o-monturas/recubrimientos-metalicos/>.
- (144) Hori, T., 1985. Objective measurements of the process of curd formation during rennet treatment of milks by hot wire method. A: *J. Food Sci.*

- (145) Icalterm, C. i la, E.D., 2003. FOTODEGRADACIÓN DE UN COLORANTE (Índigo Carmín) EN UN REACTOR DISCONTINUO DE MEZCLA PERFECTA 1. A: *Synthesis*. p. 1-3.
- (146) IDEPA.Idepa - Información general. A: [en línea]. [Consulta: 18 abril 2017 a]. Disponible a:  
[http://www.idepa.es/sites/web/idepaweb/productos/flashsectorial/Sector\\_Quimico/Sector\\_Espania/index.jsp?csection=3&section=3](http://www.idepa.es/sites/web/idepaweb/productos/flashsectorial/Sector_Quimico/Sector_Espania/index.jsp?csection=3&section=3).
- (147) Idoji Y,, 2008. In silico study of whey-acidic-protein domain containing oral protease inhibitors. A: *International Journal of Molecular Medicine*. Vol. 21, núm. 4.
- (148) IES Beatriz de Suabia.Cosmetología - Leche hidratante corporal - YouTube. A: [en línea]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <https://www.youtube.com/watch?v=aPbl8FP-xag>.
- (149) Imagen de tanques d'almacenamiento. A: [en línea]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <http://forococheselectricos.com/wp-content/uploads/2013/10/economia-del-hidrogeno-2.jpg>.
- (150) INDUASA.Floculantes y decolorantes | INDUASA. A: [en línea]. [Consulta: 18 abril 2017]. Disponible a: <http://induasa.com.gt/es/floculantes-y-decolorantes.html>.
- (151) Industria química inorgánica – Tareas Universitarias. A: [en línea]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://tareasiuniversitarias.com/industria-quimica-inorganica.html>.
- (152) INFORMA D&B S.A. (S.M.E.).Empresas dedicadas a Industria Química. A: [en línea]. [Consulta: 20 setembre 2017 a]. Disponible a: [https://www.informa.es/directorio-empresas/C020\\_INDUSTRIA-QUIMICA.html](https://www.informa.es/directorio-empresas/C020_INDUSTRIA-QUIMICA.html).
- (153) INFORMA D&B S.A. (S.M.E.).Industria Química en Cataluña. A: [en línea]. [Consulta: 20 setembre 2017 b]. Disponible a: [https://www.informa.es/directorio-empresas/C020\\_INDUSTRIA-QUIMICA/Comunidad\\_CATALUNA.html](https://www.informa.es/directorio-empresas/C020_INDUSTRIA-QUIMICA/Comunidad_CATALUNA.html).
- (154) INFORMA D&B S.A. (SME).Sogeoil S.a. - Consulte CIF y Dirección | elInforma. A: [en línea]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [https://www.einforma.com/servlet/app/prod/DATOS\\_DE/EMPRESA/SOGEOIL-SA-C\\_QTYwNTM1Njly\\_de-BARCELONA.html](https://www.einforma.com/servlet/app/prod/DATOS_DE/EMPRESA/SOGEOIL-SA-C_QTYwNTM1Njly_de-BARCELONA.html).
- (155) Información Ranking de Eurochem agro Iberia sl. | Ranking Empresas. A: [en línea]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://ranking-empresas.eleconomista.es/EUROCHEM-AGRO-IBERIA.html>.

- (156) INSTITUTO DE SALUD PUBLICA DE CHILE i AMBIENTE, S.L. DEL.PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR MATERIA GRASA Método Soxhlet. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [http://www.ispch.cl/lab\\_amb/met\\_analitico/doc/ambiente/pdf/GrasSoxhlet.pdf](http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente/pdf/GrasSoxhlet.pdf).
- (157) Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas., O. de les N.U. per a l'Agricultura i i FAO., 1997. *La economía del sorgo y del mijo en el mundo: hechos, tendencias y perspectivas* [en línia]. Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas. ISBN 9789253038619. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <http://books.google.com/books?id=pKtRbOpFYVEC&pg=PA1>.
- (158) Instituto Tecnológico de Aguascalientes.ELECTRODEPOSICION DE COBRE - YouTube. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <https://www.youtube.com/watch?v=rxUDpQO7DIw>.
- (159) IP Plasticos.Envases plasticos. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: [http://www.plasticosip.com.ar/got\\_red\\_ov.html](http://www.plasticosip.com.ar/got_red_ov.html).
- (160) IQuimicas.Proceso industrial de extracción del azúcar de la remolacha. A: [en línia]. [Consulta: 18 abril 2017]. Disponible a: <https://iquimicas.com/proceso-industrial-de-extraccion-del-azucar-de-la-remolacha-azucarera/>.
- (161) IRiego.¿Cómo se obtiene el azúcar de la remolacha? | miRiego. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: <https://miriego-blog.com/2014/08/27/como-se-obtiene-el-azucar-de-la-remolacha/>.
- (162) ISTAS.Recubrimientos electrolíticos y baños galvánicos. Limpieza de superficies. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.istas.net/fitema/att/li1.htm>.
- (163) Itan, Y. et al., 2009. The Origins of Lactase Persistence in Europe. A: M.M. Tanaka, ed., *PLoS Computational Biology* [en línia]. Vol. 5, núm. 8, p. e1000491. ISSN 1553-7358. DOI 10.1371/journal.pcbi.1000491. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pcbi.1000491>.
- (164) ICT SL- INSTRUMENTACIÓN CIENTIFICA TÉCNICA S.L.Extractor Soxhlet, cartuchos de extracción p/ LBG. A: [en línia]. [Consulta: 5 octubre 2017]. Disponible a: <http://www.ictsl.net/productos/papelfiltracion/extractorsoxhletcartuchosdeextraccionplbg.html>.

- (165) J.P Selecta.Quemador Bunsen. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <http://www.directindustry.es/prod/jp-selecta/product-69528-593073.html>.
- (166) Jaramillo, O.A., 2007. INTERCAMBIADORES DE CALOR. A: [en línia]. [Consulta: 18 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/HeatExchanger/Intercambiadores.pdf>.
- (167) José Guerra Millán, F. et al.Práctica 2: Prueba de Coagulación -Floculación Laboratorio de Ingeniería Ambiental Equipo I-A Otoño 2008. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: [http://fjartnmusic.com/Personal/8o\\_Semestre\\_files/LIAP2.pdf](http://fjartnmusic.com/Personal/8o_Semestre_files/LIAP2.pdf).
- (168) Kijas, J.W. y otros i Kijas, J.W. y otros., 2007. Five Ovine Mitochondrial Lineages Identified From Sheep Breeds of the Near East. A: *Genetics* [en línia]. Vol. 175, núm. 3. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.genetics.org/cgi/reprint/175/3/1371>.
- (169) Koolman, J. i Röhm, K.-H., 2005. *Color atlas of biochemistry* [en línia]. Stuttgart, Germany: Thieme. ISBN 3131003723. [Consulta: 24 maig 2017]. Disponible a: <http://books.google.cat/books?id=hjrcWquBnusC&printsec=frontcover#v=onepage&q=&f=false>.
- (170) Koomkin.ImagenDetail4515-1.jpg (600×393). A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <https://www.koomkin.com/Imagenes/Productos/ImagenDetail4515-1.jpg>.
- (171) Kuwata, T.. P.A.M.. M.C.Y. y N.S., 1985. *Elimination of  $\beta$ -lactoglobulin from whey to simulate human milk protein*.
- (172) Lagos, A.intercambiadores-de-calor. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <https://image.slidesharecdn.com/intercambiadoresdecalor-130615173948-phpapp02/95/intercambiadores-de-calor-5-638.jpg?cb=1371318170>.
- (173) Caastells, P. i Planagumà, P. *LAS EMULSIONES*. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://agenda.obrasocial.lacaixa.es/documents/10180/182034/Las+emulsiones+pdf\\_es\\_ES/d1adf1da-ee4b-430e-96e0-cc7349921864](http://agenda.obrasocial.lacaixa.es/documents/10180/182034/Las+emulsiones+pdf_es_ES/d1adf1da-ee4b-430e-96e0-cc7349921864).
- (174) Lehninger, A.L., Nelson, D.L. (David L. i Cox, M.M., 2005. *Lehninger principles of biochemistry*. 4th. W.H. Freeman. ISBN 0716743396.
- (175) Libre, E. i Libre, E.*Gastronomía de México* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://enciclopedia.us.es/index.php/M%C3%A9xico/Gastronom%C3%ADa>.
- (176) Lide, D.R. i Lide, D.R., 2009. *CRC handbook of chemistry and physics : a ready-reference*



*book of chemical and physical data*. 90. CRC Press. ISBN 9781420090840.

(177) Llado i Gomà-Camps, A. i Roig i Solè, R. Estadística Econòmica Sectors Industrials- 3. La indústria química. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: <http://www.idescat.cat/cat/idescat/biblioteca/docs/publicacions/gi0925v3.pdf>.

(178) Lodish, H.F., 2008. *Molecular cell biology*. 5th. New York: W.H. Freeman. ISBN 9780716743668.

(179) López, P. Biodiésel: ventajas y desventajas - Twenergy. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <https://twenergy.com/a/biodiesel-ventajas-y-desventajas-196>.

(180) Malvino, A.P. i Bates, D.J., 2007. *Principios de electrónica*. McGraw-Hill. ISBN 9788448156190.

(181) MARTINEZ, I. COMBUSTION. PODER CALORÍFICO. ENTALPÍA DE FORMACIÓN. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [http://webserver.dmt.upm.es/~isidoro/lab1/Combustion calorimetry.pdf](http://webserver.dmt.upm.es/~isidoro/lab1/Combustion%20calorimetry.pdf).

(182) Massachusetts, D. para la P.A. de i Massachusetts, D. para la P.A. de. *History of Diesel Fuel & Engines* [en línia]. [Consulta: 6 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.mass.gov/dep/air/diesel/history.htm>.

(183) Mathur, B.N. y S.K.M. i Mathur, B.N. y S.K.M., 1979. Use of total whey constituents for human food. A: *J. Dairy Sci.* p. 62:1.

(184) McGee, H., 2004. *On food and cooking : the science and lore of the kitchen*. Scribner. ISBN 0684800012.

(185) Mendoza Rezza, P. et al. Práctica #5: Destilación por Arrastre de Vapor - Equipo Química Experimental 6. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <https://sites.google.com/site/equipoquimicaexperimental6/practica-5-destilacion-por-arrastre-de-vapor>.

(186) METCALF & EDDY, I., 1995. Ingeniería de aguas residuales-Propiedades físicas del agua. A: *Mc Graw Hill* [en línia]. Vol. 3ª Edició. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: <http://www.miliarium.com/Paginas/Prontu/Tablas/Aguas/PropiedadesFisicasAgua.htm>.

(187) Míguez Camiña, J.V. et al., 2008. *Fundamentos físicos de la ingeniería : Electricidad y electrónica*. McGraw-Hill. ISBN 9788448156442.

(188) MIJU. plásticos automoción. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a:

<http://mijucomponents.com/w/es/wp-content/uploads/sites/2/2013/11/Automovl2.jpg>.

(189) Ministerio de Agricultura y Pesca, A. y M.A. Aceites de cocina Usados - Aceites de cocina - Fracciones - R. Domésticos - Flujos de residuos - Prevención y gestión de residuos - Calidad y evaluación ambiental - mapama.es. A: [en línea]. [Consulta: 5 octubre 2017 a]. Disponible a: <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/fracciones/aceites-cocina/#para2>.

(190) Ministerio de Educación. Banco de Imágenes y Sonidos. A: [en línea]. [Consulta: 21 setembre 2017 a]. Disponible a: <http://recursostic.educacion.es/bancoimagenes/web/>.

(191) Mirífico, M.V. Laboratorio de Ingeniería Química (Q0817) - Facultad de Ingeniería - UNLP. A: [en línea]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/Q0817/>.

(192) Misra A, G.O., 2007. Migration and its impact on adiposity and type 2 diabetes. A: *Nutrition*. Vol. 23, núm. 9.

(193) Molyneux, F., 1969. *Ejercicios de laboratorio de ingeniería química* [en línea]. Madrid [etc.]: Blume. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [http://cataleg.upc.edu/record=b1012029~S1\\*cat](http://cataleg.upc.edu/record=b1012029~S1*cat).

(194) Monti, G. et al., 2007. Efficacy of donkey's milk in treating highly problematic cow's milk allergic children: An in vivo and in vitro study. A: *Pediatric Allergy and Immunology* [en línea]. Vol. 18, núm. 3, p. 258-264. ISSN 0905-6157. DOI 10.1111/j.1399-3038.2007.00521.x. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1399-3038.2007.00521.x>.

(195) MORILLO TAPIA, L. i Dra. MANZANO SANTANA, P. Practica 5 (Destilación por arrastre de vapor). A: [en línea]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <https://es.slideshare.net/LuisMorillo2/practica-5-28304033>.

(196) Morr, C. V., 1968. *Composition physicochemical and functional properties of reference whey protein concentrates*. A: *J. Dairy Sci.* p. 50:1406

(197) Moses, V., Cape, R.E. i Springham, D.G., 1999. *Biotechnology: the science and the business* [en línea]. Harwood Academic. ISBN 9789057024078. [Consulta: 24 maig 2017]. Disponible a: <http://books.google.com/books?id=9GY5DCr6LD4C>.

- (198) Murex - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Murex>.
- (199) Mustafa, A. i Mustafa, A. *The mammary gland* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://animsci.agrenv.mcgill.ca/courses/460/topics/3/text.pdf>.
- (200) Naturisima. Aceites esenciales. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: [https://www.naturisima.org/wp-content/uploads/2014/05/EO\\_Rol\\_biologico\\_main-710x434.jpg](https://www.naturisima.org/wp-content/uploads/2014/05/EO_Rol_biologico_main-710x434.jpg).
- (201) Navarro, J.A. *Electrotecnia*. ISBN 9788486108960.
- (202) Nestle.cl. *Cocinando con Leche* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.nestle.cl/imperdibles/cocinaleche/leche1.swf>.
- (203) Nicholls, D.G. i Ferguson, S.J. (Stuart J., 2002. *Bioenergetics 3*. 1st. Academic Press. ISBN 0125181213.
- (204) Nilsson, J.W., Riedel, S.A. i Vuelapluma., 2005. *Circuitos eléctricos*. Prentice Hall, Pearson. ISBN 9788420544588.
- (205) Nombre de Nusselt - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: [https://ca.wikipedia.org/wiki/Nombre\\_de\\_Nusselt](https://ca.wikipedia.org/wiki/Nombre_de_Nusselt).
- (206) NUÑEZ, C.E. EXTRACCIONES CON EQUIPO SOXHLET. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.cenunez.com.ar/archivos/39-extraccinconequiposoxhlet.pdf>.
- (207) OELCHECK.OELCHECK. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [https://en.oelcheck.com/wiki/Main\\_Page](https://en.oelcheck.com/wiki/Main_Page).
- (208) Oftedal, O.T. i Oftedal, O.T., 2002. The Mammary Gland and Its Origin During Synapsid Evolution. A: *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia* [en línia]. Vol. 7, núm. 3. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.springerlink.com/content/u03457rt3674356k/fulltext.pdf>.
- (209) Oliver, R.W., 2000. *The coming biotech age : the business of bio-materials* [en línia]. McGraw-Hill. ISBN 9780071350204. [Consulta: 24 maig 2017]. Disponible a: <http://books.google.com/books?id=LQVsQgAACAAJ>.

- (210) OLX B.V.Invernaderos. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: [https://olxbg-ring10.akamaized.net/images\\_prodavalnikcom/103917320\\_5\\_585x461\\_naylon-vtorichen-polietilen-za-oranzherii-za-razsad-oblast-plovdiv.jpg](https://olxbg-ring10.akamaized.net/images_prodavalnikcom/103917320_5_585x461_naylon-vtorichen-polietilen-za-oranzherii-za-razsad-oblast-plovdiv.jpg).
- (211) Otalora Vera, I.Extraccion por arrastre con vapor. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <https://es.slideshare.net/RRALO/extraccion-por-arrastre-con-vapor>.
- (212) P. F. Fox, P.L.H.M., 2003. *Volumen 1: Proteínas*. Londres, Reino Unido, P. F. Fox Elsevier Applied Science.
- (213) Panreac. *Leche y productos lácteos*. A: [en línia]. [Consulta: 17 maig 2017]. Disponible a: <http://www.usc.es/caa/MetAnálisisStgo1/leche.pdf>.
- (214) Pariahuache, W.E.P.*PRACTICA 10 FERMENTACIÓN* [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: [http://www.academia.edu/5567078/PRACTICA\\_10\\_FERMENTACI%C3%93N](http://www.academia.edu/5567078/PRACTICA_10_FERMENTACI%C3%93N).
- (215) PATEC.07.Bidon\_con\_acido. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: [https://www.patec.org/porcinas/granjas-porcinas/07.Bidon\\_con\\_acido.jpg](https://www.patec.org/porcinas/granjas-porcinas/07.Bidon_con_acido.jpg).
- (216) pegamentos-de-plastico1.jpg. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <https://static.vix.com/es/sites/default/files/styles/m/public/imj/lasmanualidades/p/pegamentos-de-plastico1.jpg?itok=gqc7zyIT>.
- (217) Peinado, S.Análisis Nutricional: Nueces (III). A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <https://www.vitonica.com/alimentos/analisis-nutricional-nueces-iii>.
- (218) Pérez, P.Extracción de aceites esenciales mediante destilación por arrastre con vapor (página 2) - Monografias.com. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.monografias.com/trabajos65/extraccion-aceites-esenciales/extraccion-aceites-esenciales2.shtml>.
- (219) Perry, R.H.Manual Del Ingeniero Quimico 6ed Tomo I- Perry. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <https://es.scribd.com/doc/145474623/Manual-Del-Ingeniero-Quimico-6ed-Tomo-I-Perry>.
- (220) Perú, U. i Perú, U.¿Leche de llama? [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.universia.edu.pe/noticias/principales/destacada.php?id=56242>.
- (221) Pixabay.Química - Imágenes gratis en Pixabay. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [https://pixabay.com/es/photos/?q=Qu%C3%ADmica&hp=&image\\_type=&cat=&min\\_width=&min\\_height](https://pixabay.com/es/photos/?q=Qu%C3%ADmica&hp=&image_type=&cat=&min_width=&min_height).

- (222) Plummer, D.T., 1994. *Introducció a la bioquímica pràctica* [en línia]. Universitat de Barcelona. ISBN 9788447504572. [Consulta: 17 abril 2017]. Disponible a: <https://books.google.es/books?id=LFzyWzsCVIsC&pg=PA201&lpg=PA201&dq=separaci%C3%B3+de+greixos+de+la+llet&source=bl&ots=giKeaUQNkZ&sig=Nlva0j6bHI3aRBj5ZV3pa18Jvzc&hl=ca&sa=X&ved=0ahUKEwj7sMy8yLLSAhWD7BQKHYP4BUo4ChDoAQgkMAI#v=onepage&q&f=false>.
- (223) Poling, B.E., Prausnitz, J.M. i O'Connell, J.P. (John P., 2001. *The properties of gases and liquids*. McGraw-Hill. ISBN 0070116822.
- (224) Productos de Caucho. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <https://elmomentoinutil.wordpress.com/2016/02/29/audio-serie-cosas-inventadas-por-accidente-v-el-caucho-y-la-radioactividad-emi-10x85/>.
- (225) Puntolight.cl i Puntolight.cl. *La leche: Cleopatra tenía razón* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.puntolight.cl/estetica/facial/leche.htm>.
- (226) PVC symbol. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: [http://img.freepik.com/iconos-gratis/3-pvc\\_318-106488.jpg?size=338&ext=jpg](http://img.freepik.com/iconos-gratis/3-pvc_318-106488.jpg?size=338&ext=jpg).
- (227) Quiminet.Los tipos de mezcladores | QuimiNet.com. A: [en línia]. [Consulta: 19 abril 2017]. Disponible a: <https://www.quiminet.com/articulos/los-tipos-de-mezcladores-16423.htm>.
- (228) Ramirez, E. Introducción a la Psicología - Tema 6: El método experimental. A: [en línia]. [Consulta: 5 octubre 2017]. Disponible a: <http://www4.ujaen.es/~eramirez/Descargas/tema6>.
- (229) RAQUITISMO Y VITAMINA D. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://encolombia.com/medicina/materialdeconsulta/Suplemento36/Raquitismo.htm>.
- (230) Rayón - Wikipedia, la enciclopedia libre. A: [en línia]. [Consulta: 7 abril 2017]. Disponible a: <https://es.wikipedia.org/wiki/Rayón>.

- (231) Razo, C. i United Nations. Economic Commission for Latin America and the Caribbean. Agricultural Development Unit., 2007. *Biocombustibles y su impacto potencial en la estructura agraria, precios y empleo en América Latina* [en línia]. Naciones Unidas, CEPAL, División de Desarrollo Productivo y Empresarial, Unidad de Desarrollo Agrícola. ISBN 9789213230978. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a:  
[https://books.google.es/books?id=kWMcTGpTUCEC&pg=PA13&lpg=PA13&dq=Fabricaci%C3%B3n,+an%C3%A0lisi+i+comparaci%C3%B3n+del+biodiesel+amb+di%C3%A8sel+comercial&source=bl&ots=7ORWx-hEom&sig=OoCyAEEwk0xTcJMu51EWME8ir5k&hl=ca&sa=X&ved=0ahUKEwiDgKaFj\\_PUAhWKaVAKHSRj](https://books.google.es/books?id=kWMcTGpTUCEC&pg=PA13&lpg=PA13&dq=Fabricaci%C3%B3n,+an%C3%A0lisi+i+comparaci%C3%B3n+del+biodiesel+amb+di%C3%A8sel+comercial&source=bl&ots=7ORWx-hEom&sig=OoCyAEEwk0xTcJMu51EWME8ir5k&hl=ca&sa=X&ved=0ahUKEwiDgKaFj_PUAhWKaVAKHSRj).
- (232) Rebollo, D.-I.D.Tema 01 - Transferencia de Calor y Materia. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <https://sites.google.com/site/tcmdefiunsj/tema-01>.
- (233) RIBAS MUÑOZ, E.FABRICACIÓ I ANÀLISIS DEL BIODIÈSEL. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a:  
[http://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/47991/PJ\\_20090033601.pdf?sequence=1](http://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/47991/PJ_20090033601.pdf?sequence=1).
- (234) Rie.cl.*Significados de Leche* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://rie.cl/?ps=2422>.
- (235) Roldan Vilorio, J., 2005. *Motores eléctricos: automatismos de control*. Thomson, Paraninfo. ISBN 9788428328982.
- (236) Rosen, J.M., Wyszomierski, S.L. i Hadsell, D., 1999. REGULATION OF MILK PROTEIN GENE EXPRESSION. A: *Annual Review of Nutrition* [en línia]. Vol. 19, núm. 1, p. 407-436. ISSN 0199-9885. DOI 10.1146/annurev.nutr.19.1.407. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.nutr.19.1.407>.
- (237) Universidad de Salamanca .COAGULACION - FLOCULACION (FLOCULANTES). A: [en línia]. [Consulta: 18 abril 2017]. Disponible a:  
[http://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/curso/uni\\_05/u5c2s4.htm](http://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/curso/uni_05/u5c2s4.htm).
- (238) Sanz Tejedor, A.Química Orgánica Industrial. A: [en línia]. [Consulta: 17 abril 2017]. Disponible a: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-11.php>.
- (239) SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE I RECURSOS NATURALES- ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.GUIA PARA LA ELABORACION DE LA CEDULA DE OPERACION ANUAL. INDUSTRIA METALURGICA. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: [http://apps1.semarnat.gob.mx/retc/guias/g\\_metlgc.pdf](http://apps1.semarnat.gob.mx/retc/guias/g_metlgc.pdf).

- (240) SELECTA. *Catàlogo Centrifugas*.
- (241) *SEPARACIÓN DE HEXANO Y CICLOHEXANO UTILIZANDO UNA COLUMNA DE RECTIFICACIÓN*., 2007. ISBN 0394417755.
- (242) Serra, E. et al. Guia docent EXperimentació en enginyeria química II. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a:  
[http://www.iqs.edu/sites/default/files/v1/documentacion//files/3\\_IQS\\_School\\_Engineering/cat/53newEXPERIMENTACIO EN ENGINYERIA QUIMICA\\_EI\\_CT\\_cat.pdf](http://www.iqs.edu/sites/default/files/v1/documentacion//files/3_IQS_School_Engineering/cat/53newEXPERIMENTACIO%20EN%20ENGINYERIA%20QUIMICA_EI_CT_cat.pdf).
- (243) Serrano Cermeño, Z. Guía de materiales plasticos para agricultura y ganaderia - InfoAgronomo. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a:  
<https://infoagronomo.net/guia-materiales-plasticos-para-agricultura-ganaderia/>.
- (244) Shahani, K.M. i Shahani, K.M., 1979. Humanized milk. A: *J. Dairy Sci. Technol.* p. 14:2.
- (245) Sifuentes, J. Determinación del poder calorífico - Monografias.com. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf5/poder-calorifico/poder-calorifico.shtml>.
- (246) Sigmud. Mezcladores: Mezcladores de tambor, mezcladores de paletas, mezcladores alineados y mezcladoras | Premier Tech Chronos. A: [en línia]. [Consulta: 19 abril 2017]. Disponible a: <http://www.ptchronos.com/es-es/productos/manipulacion-y-procesamiento-a-granel/mezcladores/>.
- (247) Silanikove, N., Leitner, G. i Merin, U., 2015. The Interrelationships between Lactose Intolerance and the Modern Dairy Industry: Global Perspectives in Evolutional and Historical Backgrounds. A: *Nutrients* [en línia]. Vol. 7, núm. 9, p. 7312-31. ISSN 2072-6643. DOI 10.3390/nu7095340. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26404364>.
- (248) Simmons, J. V. et al., 2000. *Cosméticos : formulación, preparación y aplicación* [en línia]. Madrid : A. Madrid Vicente. ISBN 8489922314. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [http://cataleg.upc.edu/record=b1232432~S1\\*cat](http://cataleg.upc.edu/record=b1232432~S1*cat).
- (249) Smallwood, W.L., Green, E.R. i Cortés Aguilar, R., 1970. *Biología*. Publicaciones Cultural. ISBN 9684390556.
- (250) Soluciones Mediambientales S.L. Depuración-de-Aguas-Residuales-industriales-en-la-industria-de-los-colorantes-y-pigmentos.jpg (500×500). A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a:

<http://depuradorasaguasresiduales.es/wp-content/uploads/2015/01/Depuraci%C3%B3n-de-Aguas-Residuales-industriales-en-la-industria-de-los-colorantes-y-pigmentos.jpg>.

(251) Stecher P.G., ed., 1968. *The Merck Index: an encyclopedia of chemicals and drugs 8th edition*. Merck and Co. Ltd.

(252) Steinkraus, K.H., 1995. *Handbook of indigenous fermented foods*. Marcel Dekker. ISBN 0824793528.

(253) Stryer, L., 1988. *Biochemistry*. 5th. New York: W.H. Freeman. ISBN 071671843X.

(254) Suchy, F.J. et al., 2010. NIH consensus development conference statement: Lactose intolerance and health. A: *NIH consensus and state-of-the-science statements* [en línia]. Vol. 27, núm. 2, p. 1-27. ISSN 1553-0779. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20186234>.

(255) Sutherland, V. i., 1994. *Milk and Milk Products. Technology, Chemistry and Microbiology*. Nova York: Chapman and Hall.

(256) Szilagyi, A. i A, S., 2015. Adaptation to Lactose in Lactase Non Persistent People: Effects on Intolerance and the Relationship between Dairy Food Consumption and Evalution of Diseases. A: *Nutrients* [en línia]. Vol. 7, núm. 8, p. 6751-79. ISSN 2072-6643. DOI 10.3390/nu7085309. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26287234>.

(257) Tamburrino, P.A.MECANICA DE FLUIDOS. A: *REPASO DE CI31A, MECANICA DE FLUIDOS*. p. 1-22.

(258) Telas de poliester. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <http://www.telasambar.com.ar/imgprops/22/QQH4DI7B96.jpg>.

(259) Tema 5. Coagulación-Floculación. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: [http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis\\_procesos/tema5.pdf](http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_procesos/tema5.pdf).

(260) The Cure Inc.Pictograma de seguridad material explosivo. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <http://www.thecuresafety.com/v/vspfiles/photos/GHS202AP-2.jpg>.

(261) The Process Technology and Operator Academy.Shell-and-tube.jpg. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <http://www.processtechacademy.com/wp-content/uploads/2015/04/Shell-and-tube.jpg>.



- (262) Thermobacterium, L. *L'elaboració del iogurt Material per al professorat* Repàs d' alguns conceptes sobre la fermentació i dels processos de fermentació de la llet. A: . p. 1-9.
- (263) Thieman, W.J. i Palladino, M.A., 2009. *Introduction to biotechnology*. Pearson/Benjamin Cummings. ISBN 0321491459.
- (264) Torres, L. Instrumentos de medición de presión. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: <https://es.slideshare.net/luistorres921/instrumentos-de-medicion-de-presion>.
- (265) TP-Laboratorio Químico, P. de C.E. de Q. general i L.Q. Tubo Refrigerante o Tubo Condensador » TP - Laboratorio Químico. A: [en línia]. [Consulta: 5 octubre 2017]. Disponible a: <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/tubo-refrigerante.html>.
- (266) T-Solucionaria. Imagen intercambiador de placas. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <http://t-solucionaria.com/wp-content/uploads/Imagen-noticia-16-2.jpg>.
- (267) TurquíaReal.com i TurquíaReal.com. *Turquía Real: Portal de tu Turismo: Gastronomía* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.turquiareal.com/gastronomia.htm>.
- (268) Tyrrell, H.J.V. (Henry J.V. i Harris, K.R., 1984. *Diffusion in liquids: a theoretical and experimental study*. Butterworths. ISBN 0408175915.
- (269) UACC. *Nutrición y salud - Lácteos* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.ua-cc.org/lacteos.jsp>.
- (270) UB. Operacions Bàsiques al Laboratori Químic. Centrifugació. Fonaments de la Tècnica. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: [http://www.ub.edu/oblq/oblq\\_catala/centrifugacio\\_fonament.html](http://www.ub.edu/oblq/oblq_catala/centrifugacio_fonament.html).
- (271) UGR. Balances de Materia y Energía. A: [en línia]. [Consulta: 2 maig 2017]. Disponible a: <http://www.ugr.es/~aulavirtualpfcic/BMyBE.html>.
- (272) Unidos), N.I. of H. (Estados i Unidos), N.I. of H. (Estados., 2016. *Treatment for Celiac Disease* [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <https://www.niddk.nih.gov/health-information/digestive-diseases/celiac-disease/treatment>.
- (273) Universidad de Colombia. Ingeniería Química y Ambiental - Universidad Nacional de Colombia. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <https://www.ingenieria.bogota.unal.edu.co/extension/laboratorios/departamentos/ingenieria-quimica-y-ambiental>.

- (274) Universidad Católica de Loja.Extracción De Aceites Esenciales De Menta Y Hierba. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <https://es.slideshare.net/adrylinda18/extraccin-de-aceites-esenciales-de-menta-y-hierba>.
- (275) Universidad de la Laguna.Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.departamentos.ull.es/view/departamentos/ingquimtecfar/Servicios/es>.
- (276) Universidad de Santiago de Compostela.ÍNDICE DE PRÁCTICAS. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: [https://www.edu.xunta.gal/centros/cafi/aulavirtual2/pluginfile.php/32439/mod\\_resource/content/0/S1501072-LaboratorioReactoresQuimicos.pdf](https://www.edu.xunta.gal/centros/cafi/aulavirtual2/pluginfile.php/32439/mod_resource/content/0/S1501072-LaboratorioReactoresQuimicos.pdf).
- (277) Universidad de Valencia.Balance de Materia. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017 a]. Disponible a: [http://www.uv.es/idiqlab/labquimicos/Practica\\_Balance\\_de\\_Materia.html](http://www.uv.es/idiqlab/labquimicos/Practica_Balance_de_Materia.html).
- (278) Universidad de Valencia.Laboratorio Ingeniería Química. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017 b]. Disponible a: <http://www.uv.es/idiqlab/labquimicos/index.html>.
- (279) Universidad de Valencia.Química Inorgánica Industrial - T1 - Introducción. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017 c]. Disponible a: <https://es.slideshare.net/seta667/quimica-inorganica-industrial-t1-introduccion>.
- (280) Universidad Tecnológica de Pereira.Recubrimientos metalicos, galvanizado electroquimico y por inmersion | METALOGRAFÍA – UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/389-2/>.
- (281) Universitat Autònoma de Barcelona.Guies docents: Grau d'Enginyeria Química - UAB Barcelona. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.uab.cat/web/estudiar/llistat-de-graus/pla-d-estudis/guies-docents-1345467811508.html?param1=1232003397968>.
- (282) Universitat de Barcelona. Departament d'Enginyeria Química.Operacions Bàsiques al Laboratori Químic. Extracció. Riscos i Normes de Seguretat. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: [http://www.ub.edu/oblq/oblq\\_catala/extraccio\\_risc.html](http://www.ub.edu/oblq/oblq_catala/extraccio_risc.html).
- (283) Universitat de Girona.Currículum Grau en Enginyeria Química UDG. A: [en línia]. [Consulta: 21 setembre 2017]. Disponible a: [http://www2.udg.edu/portals/\\_default/xmlxst/asp/fullet\\_estudi.asp?ID=80](http://www2.udg.edu/portals/_default/xmlxst/asp/fullet_estudi.asp?ID=80).

- (284) Universitat Politècnica de Catalunya.3.Calcul d'intercanviadors de Calor de tubs concèntrics. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: [http://www.epsem.upc.edu/intercanviadorsdecalor/dobletub\\_paralel.html](http://www.epsem.upc.edu/intercanviadorsdecalor/dobletub_paralel.html).
- (285) Universitat Ramon Llull - IQS SCHOOL OF ENGINEERING.Enginyeria Química | IQS. A: [en línia]. [Consulta: 5 octubre 2017]. Disponible a: <http://www.iqs.edu/ca/enginyeries-i-licenciatures/enginyeria-quimica>.
- (286) URG.Material Montajes y equipos. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: <http://www.ugr.es/~quiorred/doc/p17.pdf>.
- (287) Valenzuela, A., 2010. EL PORQUÉ DE LA CIENCIA | ¿Por qué el agua y el aceite no se pueden mezclar? - RTVE.es. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.rtve.es/noticias/20100422/agua-aceite-no-se-pueden-mezclar/328679.shtml>.
- (288) VELP SCIENTIFICA.Placa calefactora de laboratorio / analógica / de aluminio - RC series - Velp Scientifica. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017 b]. Disponible a: <http://www.directindustry.es/prod/velp-scientifica/product-15378-808937.html>.
- (289) Vitoria, J. i Vitoria, J., 1999. Intolerancia a la lactosa. A: *Bol S Vasco-Nav Pediatr* [en línia]. Vol. 33, p. 18-23. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.svnp.es/sites/default/files/33-1-18.pdf>.
- (290) Voet, D. i Voet, J.G., 2004. *Biochemistry*. 3rd. Hoboken, NJ.: J. Wiley & Sons. ISBN 9780471193500.
- (291) Vorbach C., C.M.R.. y P.J.M. i Vorbach C., C.M.R.. y P.J.M., 2006. Evolution of the mammary gland from the innate immune system? A: *Bioessays*. Vol. 28, núm. 6.
- (292) Vòrtex - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. A: [en línia]. [Consulta: 16 maig 2017]. Disponible a: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Vòrtex>.
- (293) Wharton, B., 1981. *Immunological implications of alternatives to mother's milk*. Nova York.: The Immunology of Infant Feeding. A. Wilkinson, Plenum Press.
- (294) Wikispaces.doble tubo. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: [http://procesosbio.wikispaces.com/file/view/doble\\_tubo.jpg/353163846/doble\\_tubo.jpg](http://procesosbio.wikispaces.com/file/view/doble_tubo.jpg/353163846/doble_tubo.jpg).
- (295) William L. Smallwood, E.R.G. i William L. Smallwood, E.R.G., 1968. *Biología*. México, Publicaciones Cultural.

- (296) Williams, H.S. 1863–1943., 1904. *Modern Development of the Chemical and Biological Sciences* [en línia]. New York: Harper and Brothers. A History of Science: in Five Volumes. [Consulta: 24 maig 2017]. Disponible a:  
<http://etext.lib.virginia.edu/toc/modeng/public/Wil4Sci.html>.
- (297) Windholz, M., 1983. *[[The Merck Index]]: an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals*. 10th. Rahway NJ, US: Merck. ISBN 911910271.
- (298) YARA.Productos Químicos Nitrogenados | Yara. A: [en línia]. [Consulta: 20 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.yara.es/quimicos/>.
- (299) YMBERSA NAYADE.Fotografia Envase Ácido Sulfúrico. A: [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: [http://www.ymbersa.com/new/wp-content/uploads/2014/06/acido\\_sulfurico.jpg](http://www.ymbersa.com/new/wp-content/uploads/2014/06/acido_sulfurico.jpg).
- (300) Zaid, A. (Abdelouahhab) i Food and Agriculture Organization of the United Nations., 2001. *Glossary of biotechnology for food and agriculture* [en línia]. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 9251046832. [Consulta: 24 maig 2017]. Disponible a: [http://www.fao.org/biotech/index\\_glossary.asp](http://www.fao.org/biotech/index_glossary.asp).
- (301) Zeder, M.A., 2006. *Documenting domestication : new genetic and archaeological paradigms*. University of California Press. ISBN 0520246381.

## 9.-Índex d'imatges, taules i equacions

### Il·lustracions

Il·lustració 1: Distribució territorial de la concentració d'empreses del sector químic. Font: Informe FEIQUE 2017 .....	31
Il·lustració 2: Gràfic de la distribució per xifra de negoci de la indústria química per comunitats autònomes del territori espanyol. Font: Informe FEIQUE 2017 .....	34
Il·lustració 3: Representació de la distribució percentual per subsectors de la indústria química espanyola. ....	36
Il·lustració 4: Classificació subsectorial de la indústria química. Font: CNAE .....	37
Il·lustració 5: Dipòsits de gasos industrials. Font:(149).....	38
Il·lustració 6: colorants i pigments químics. Font:(250).....	39
Il·lustració 7: Productes de la indústria química inorgànica, a la imatge de l'esquerra es pot veure una garrafa comercial d'àcid sulfúric, a la imatge de la dreta provetes de diferents tipus de metalls. Font:(299) .....	40
Il·lustració 8: Imatges de productes provinents de la indústria química orgànica, a l'esquerra un contenidor d'àcid acètic i a la dreta una ampolla d'etanol. Fonts (215) i (3).....	41
Il·lustració 9: Productes fertilitzants líquids i sòlids, provinents de la indústria de productes nitrificats. Font:(51).....	42
Il·lustració 10: Productes plàstics per a agricultura, els recobriments d'hivernacles. Font:(210) .....	43
Il·lustració 11:Diferents tipus d'envasos per a components líquids també provinents de la indústria dels plàstics.Font:(159). ....	44
Il·lustració 12: Planta de producció de tubs de PVC i simbologia.Font:(226) .....	45
Il·lustració 13: Peces de plàstic i gomes per a la indústria de l'automòbil.Font:(188).....	45
Il·lustració 14:Productes de la indústria de MMPP cautxú. Font:(224) .....	46
Il·lustració 15:Productes i additius agroquímics.(5) .....	47
Il·lustració 16: Pintures i tintes químiques. Font:(55) .....	48
Il·lustració 17:Productes de neteja i cosmètica.Font:(170) .....	49
Il·lustració 18: Dins d'aquest subsector s'hi troben productes explosius, olis essencials i coles.Font: (260), (200) i (216) .....	50
Il·lustració 19: Fils i teixits de MODAL i Polièster. Font:(258) .....	51
Il·lustració 20: Productes de la indústria farmacèutica, a la dreta diferents comprimits de fàrmacs, a la dreta comprimits d'àcid acetil salicílic. Font: (75) i (7). ....	52

Il·lustració 21: Evolució del consum intern de productes químics al estat espanyol en milions d'euros en el període 2008-2016 Font: Informe FEIQUE 2017 .....	54
Il·lustració 22: Factor K dels complements dels circuits de transport de fluids. Font: RECULL DE DADES, d'enginyeria del transport de fluids i transmissió de calor, de Bonsfills, A.; dep. D'enginyeria Minera i recursos naturals, Secció d'enginyeria química pàg. 72 (49) .....	68
Il·lustració 23: Fotografia del panell de pèrdues de càrrega. Font: Pròpia .....	71
Il·lustració 24: Rotàmetre. Font: pròpia .....	72
Il·lustració 25: Diafragma. Font: pròpia .....	72
Il·lustració 26: contracció suau. Font: Pròpia .....	72
Il·lustració 27: Tub recte de PVC. Font: Pròpia .....	73
Il·lustració 28: Colze de 90°. Font: Pròpia .....	73
Il·lustració 29: contracció i eixamplament bruscos .....	74
Il·lustració 30: Vàlvula de globus .....	74
Il·lustració 31: Vàlvula de comporta. Font: Pròpia .....	74
Il·lustració 32: bomba centrífuga de potencia 0,6kW .....	75
Il·lustració 33: tub venturi. Font: Pròpia .....	75
Il·lustració 34: Mano-vacuòmetres, el de l'esquerra en Kg/cm <sup>2</sup> , el de la dreta en MCA. Font: Pròpia .....	76
Il·lustració 35: Tubs de mercuri. Font: Pròpia .....	76
Il·lustració 36: esquema d'intercanviador de calor de tubs concèntrics. Font:(294) .....	89
Il·lustració 37: Esquema i fotografia d'un equip de carcassa i tubs. Font:(261) i (8) .....	89
Il·lustració 38: fotografia i esquema d'un intercanviador de calor de plaques o compacte. Font:(102) i (266) .....	90
Il·lustració 39: Configuració d'intercanviador de calor de tubs concèntrics en paral·lel. Font: (103) .....	92
Il·lustració 40: Configuració d'intercanviador de tubs concèntrics a contracorrent. Font: (103) .....	92
Il·lustració 41: Comportament dels fluids en un intercanviador de tubs concèntrics en configuració paral·lel. Font:(172) .....	94
Il·lustració 42: Comportament dels fluids en un intercanviador de tubs concèntrics en configuració contracorrent. Font: (172) .....	95
Il·lustració 43: planta pilot d'intercanviador de Calor. Font: Pròpia. ....	96
Il·lustració 44: Termòmetres de mercuri. Font: Pròpia .....	97
Il·lustració 45: Rotàmetres. Font: Pròpia. ....	97
Il·lustració 46: Bomba centrífuga de la planta pilot. Font: Pròpia. ....	98
Il·lustració 47: Vàlvules de control de flux d'aigua calenta i freda. Font: Pròpia. ....	98

Il·lustració 48: Vàlvules de purga d'aire dels circuits de l'intercanviador de calor. Font: Pròpia.	99
Il·lustració 49: Fotografia del Esquema de configuracions del sistema d'I.C. Font: Pròpia.	100
Il·lustració 50: Gràfica de valor obtinguts a l'intercanviador de tubs concèntrics per la configuració en paral·lel. Font: Pròpia.	103
Il·lustració 51: Gràfica de valors obtinguts a l'intercanviador de tubs concèntrics per la configuració a contracorrent. Font: Pròpia.	103
Il·lustració 52: Tipus de rodets. Font: (60)	111
Il·lustració 53: Fotografia on es pot veure un vòrtex creat per un agitador magnètic. Font: Pròpia	113
Il·lustració 54: Alumnes realitzant la pràctica, en l'instant on observaven la longitud necessària de deflector per eliminar el vòrtex mantenint els sòlids en suspensió. Font: Pròpia.	115
Il·lustració 55: A l'esquerra un esquema del nivell d'aigua destil·lada dins del baló, a la dreta fotografia del baló d'evaporació durant un dels experiments. Font: Pròpia	122
Il·lustració 56: A l'esquerra l'esquema del baló on hi ha la matèria primera, a la dreta fotografia del mateix durant la destil·lació. Font: Pròpia	122
Il·lustració 57: Muntatge complet de l'experiència. Font: Pròpia	123
Il·lustració 58: Fotografia del vas de precipitats on es recull el resultat de la destil·lació. Font: Pròpia	123
Il·lustració 59: Esquema de la recol·lecció d'oli essencial obtingut de la destil·lació, a la dreta podem veure com les gotes d'oli es dipositen sobre de l'aigua durant l'operació de destil·lació. Font: Pròpia	124
Il·lustració 60: Esquema de volumetria de l'oli essencial obtingut. Font: Pròpia	124
Il·lustració 61: Esquema de la mesura de la massa necessària de lectina de soja. Font: Pròpia	131
Il·lustració 62: Aboquem la lectina després de passar-la pel morter Font: Pròpia.	131
Il·lustració 63: mesclm l'oli de gira-sol i la lectina en un bany d'aigua calenta. Font: Pròpia.	132
Il·lustració 64: Vas de precipitats amb 150mL d'aigua destil·lada. Font: Pròpia	132
Il·lustració 65: Aboquem l'oli d'ametlles al vas de precipitats amb aigua, podem veure com es formen dos capes ben diferenciades. Font: Pròpia	132
Il·lustració 66: Mesclm l'emulgent fet amb la lectina de soja i l'oli de gira-sol per tal de poder mesclar els dos líquids immiscibles. Font: Pròpia	133
Il·lustració 67: Esquema i fotografia del producte resultant del procés fet al laboratori. Font: Pròpia	133
Il·lustració 68- Esquema del muntatge de la filtració al buit. Font: Roa, M <a href="https://prezi.com/hanxkumk0zij/filtracion-al-vacio/">https://prezi.com/hanxkumk0zij/filtracion-al-vacio/</a>	139

Il·lustració 69: Fotografia d'un dessecador. Font: (177) .....	140
Il·lustració 70: Aparell de Buchi. Font: Pròpia .....	140
Il·lustració 71:imatge del sòlid recollit amb la filtració al buit sobre el paper de filtre. Font: Pròpia .....	143
Il·lustració 72:Aparell de Buchi. Font: Pròpia .....	144
Il·lustració 73:mesura de la massa necessària per al premsat del comprimit d'àcid acetil salicílic. Font:Pròpia.....	145
Il·lustració 74:mesura del pes d'un comprimit d'àcid acetil salicílic de la casa Bayer. Font: Pròpia .....	146
Il·lustració 75:Motlle de premsa per fer el comprimit o pastilla. Font: Pròpia.....	146
Il·lustració 76:Comprimet d'àcid acetil salicílic obtingut. Font: Pròpia.....	147
Il·lustració 77:reacció de formació de l'àcid acetil salicílic. Font:(79).....	148
Il·lustració 78: Bany d'aigua per homogeneïtzar la temperatura de la mostra de llet comercial. Font:Pròpia.....	156
Il·lustració 79:Adició de l'àcid sulfúric a les provetes de centrifuga. Font:Pròpia. ....	157
Il·lustració 80:Adició de la llet a les provetes de centrifuga. Font:Pròpia.....	157
Il·lustració 81: Provetes de centrifugació abans de l'operació de separació. Font:Pròpia. ....	158
Il·lustració 82: A l'esquerra fotografia d'una de les provetes després de la centrifugació, a la dreta esquema de la mateixa. Podem veure la capa de greixos a la part superior del líquid. Font:Pròpia.....	158
Il·lustració 83: Valors nutricionals dels diferents productes làctics de l'empresa ATO. Font: web d'ATO, apartat de llet en brick (27) .....	164
Il·lustració 84: Gràfica de la separació de greix de la llet en funció de la velocitat de centrifugació. Font:Pròpia.....	165
Il·lustració 85: Fotografia de l'exterior de la centrífuga usada. Aquest model arriba a un màxim de 5000rpm. Font:Pròpia. ....	166
Il·lustració 86: Fotografia del interior de de la centrífuga usada per a l'experiència, podem veure les 4 posicions per a les mostres que conté el tambor. Font:Pròpia. ....	166
Il·lustració 87: Matrassos erlenmeyer. Font:Pròpia.....	172
Il·lustració 88: suc de fruita usat per a la pràctica. Font:Pròpia.....	172
Il·lustració 89: Solucions de suc i sucre preparades per a la pràctica. Font:Pròpia. ....	172
Il·lustració 90: Fotografia del refractòmetre digital usat. Font:Pròpia. ....	173
Il·lustració 91: Solució i pack de llevat usat per a la experiència. Font:Pròpia. ....	173
Il·lustració 92: Fotografia de l'instant inicial de dues de les repeticions de les experiències realitzades al laboratori. Font:Pròpia.....	173



Il·lustració 93: a la primera imatge podem veure-hi un esquema del muntatge dels tres erlenmeyers amb els globus. A les a les fotografies inferiors podem veure-hi dues de les experiències realitzades al laboratori. Font:Pròpia. ....	174
Il·lustració 94: Representació gràfica de l'índex de refracció en funció dels mols d'etanol formats. Font:Pròpia. ....	178
Il·lustració 95:Fonts de calor, a l'esquerra una placa calefactora a la dreta un bec bunsen. Font:(288) i (165).....	183
Il·lustració 96: Baló d'ebullició. Font:Pròpia.....	184
Il·lustració 97: Cartutx de Soxhlet. Font:(164) .....	184
Il·lustració 98: Tubs refrigerants. Font:(265).....	185
Il·lustració 99: Cos del soxhlet. Font:(40).....	185
Il·lustració 100: Esquema i fotografia de la mesura de la massa de fruit sec a extreure'n i quantificar els greixos. Font:Pròpia.....	187
Il·lustració 101: Esquema del baló amb el dissolvent introduït. Font:Pròpia. ....	188
Il·lustració 102: Esquema i fotografia del muntatge del extractor Soxhlet. Font:Pròpia.....	189
Il·lustració 103: Fotografia del rotavapor. Font:Pròpia.....	189
Il·lustració 104: Esquema de la mesura de la massa de sòlid restant després de l'extracció de greixos. Font:Pròpia. ....	190
Il·lustració 105: mostres d'aigües a analitzar un cop passat el temps de reacció del procés de Folin-Ciocalteu. Font:Pròpia.....	198
Il·lustració 106: Pipetes pasteur amb diferents alçades de filtre de carbó actiu F440 preparat .....	199
Il·lustració 107: Representació gràfica de la recta de calibratge obtinguda amb les dades de la Taula 32. ....	200
Il·lustració 108: Representació gràfica de la recta de calibratge. Font:Pròpia. ....	203
Il·lustració 109: Representació gràfica de la concentració de les solucions tractades en funció del gruix de filtre de carbó activat F440. Font:Pròpia.....	204
Il·lustració 110- Mostra de fangs en suspensió on podem veure algunes partícules en ple procés de floculació Font:Pròpia.....	210
Il·lustració 111- Sulfat fèrric usat a la pràctica(floculant). Font:Pròpia. ....	210
Il·lustració 112- Vas de precipitats amb mostra a tractar Font:Pròpia. ....	212
Il·lustració 113- 6 vasos de precipitats del test de gerres amb concentracions de sulfat fèrric de 20, 40, 60, 80, 100 i 120 ppm. Font:Pròpia. ....	212
Il·lustració 114- Espectròmetre UV-vis PERKIN ELMER- model Lambda25.....	213
Il·lustració 115- punt de mostreig de espectròmetre UV-vis. Font:Pròpia. ....	213

Il·lustració 116- Mostres en els vasos de precipitats durant el procés d'agitació. Font:Pròpia.	214
Il·lustració 117- Mostres en els vasos de precipitats instants després de la finalització de l'agitació. Font:Pròpia.	214
Il·lustració 118- Mostres de menor a major concentració de floculant d'esquerra a dreta, instants previs de l'anàlisi amb l'espectròmetre UV-Vis. Font:Pròpia.	215
Il·lustració 119- Test de gerres en l'instant inicial de l'agitació. Font:Pròpia.	219
Il·lustració 120- Instant final de la floculació. Font:Pròpia.	220
Il·lustració 121: avaluació de dades d'absorbància en funció de la concentració de floculant. Font:Pròpia.	221
Il·lustració 122- Mostres després del procés de floculació. Font:Pròpia.	222
Il·lustració 123:Reacció de transformació de triglicèrids a alcohol.Font:(41)	227
Il·lustració 124: Esquema de la dissolució de sosa i metanol en un vas de precipitats Font:Pròpia.	229
Il·lustració 125:Esquema i fotografia de la mostra d'oli usat a tractar. Font:Pròpia.	229
Il·lustració 126: Esquema del abocament de la solució de sosa sobre la mostra d'oli . Font:Pròpia.	230
Il·lustració 127:Esquema i fotografia de la mostra despès de 24h de la seva preparació, un cop realitzada la reacció. Font: Pròpia	230
Il·lustració 128: Prenem una mostra de 10 mL del Biodièsel obtingut i el dipositem al encenedor de metxa. Font: Pròpia	231
Il·lustració 129: Fotografia del muntatge en l'instant abans d'encendre la metxa del encenedor. Font:Pròpia.	231
Il·lustració 130: Esquema del muntatge. Font: Pròpia	232
Il·lustració 131: Esquema de la preparació del medi de transport . Font: Pròpia	240
Il·lustració 132: Esquema de la cel·la electrolítica. Font: Pròpia	240
Il·lustració 133: A l'esquerra l'esquema de la cel·la, a la dreta fotografia de la cel·la preparada al laboratori. Font:Pròpia.	241
Il·lustració 134: Esquema amb les parts de la cel·la electrolítica. Font: Pròpia	242
Il·lustració 135: Gràfica dels estudiants que han realitzat les pràctiques per edat en anys. . Font: Pròpia	246
Il·lustració 136:Gràfica dels estudiants que han realitzat les pràctiques per gèneres. Font: Pròpia	246
Il·lustració 137: Estudiants que cursen l'assignatura de química al batxillerat dels participants als tallers. Font: Pròpia	247

Il·lustració 138: Classificació gràfica de les puntuacions de les diferents pràctiques segons l'alumnat de més a menys interessant. ....	252
Il·lustració 139: Representació gràfica del grau de dificultat de cadascuna de les pràctiques segons el grup mostra d'alumnes. ....	255

**Taules**

Taula 1:Curriculum de la matèria de química al batxillerat.Font: Gencat <a href="http://xtec.gencat.cat/web/.content/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/0028/f2989dc7-8a2c-4b2f-86e8-4d5929f43fd7/PUBL-curriculum_batxillerat.pdf">http://xtec.gencat.cat/web/.content/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/0028/f2989dc7-8a2c-4b2f-86e8-4d5929f43fd7/PUBL-curriculum_batxillerat.pdf</a> .....	16
Taula 2: Nota de tall de les PAU per universitats curs 2017-2018 .....	16
Taula 3:Empreses del sector químic per nombre de treballadors. Font: Informe FEIQUE 2017	30
Taula 4: Distribució d'empreses del sector químic a l'estat espanyol per comunitats autònomes. Font: Informe FEIQUE .....	32
Taula 5: Classificació de les Comunitats autònomes per facturació de la indústria química. Font: Informe FEIQUE 2017 .....	33
Taula 6:Facturació per subsectors de la indústria química. Fonts: informe FEIQUE 2017 i CNAE .....	35
Taula 7:Equivalències d'unitats en Pa. Font: <a href="https://www.convertworld.com/es/presion/metro-de-agua.html">https://www.convertworld.com/es/presion/metro-de-agua.html</a> .....	77
Taula 8:obtingudes per als elements i circuit 1 amb cabal de 1500L/h.....	78
Taula 9:obtingudes per als elements i circuit 1 amb cabal de 3000L/h.....	79
Taula 10: Pressions mesurades per al circuit 2 .....	80
Taula 11: Avaluació dels diferents elements i pèrdues de càrrega i pressió per al circuit 1 a cabal 1500L/h.....	83
Taula 12:Avaluació dels diferents elements i pèrdues de càrrega i pressió per al circuit 2 a cabal 1500L/h .....	84
Taula 13:Avaluació dels diferents elements i pèrdues de càrrega i pressió per al circuit 1 a cabal 3000L/h .....	84
Taula 14:Avaluació dels diferents elements i pèrdues de càrrega i pressió per al circuit 2 a cabal 3000L/h .....	85
Taula 15: Dades obtingudes de temperatura de l'experiència realitzada al laboratori en paral·lel. Font: Pròpia. ....	101
Taula 16: Taula de dades obtingudes al laboratori per configuració a contracorrent. Font: Pròpia. ....	102
Taula 17: Resultats obtinguts dels coeficients globals de transmissió de calor .....	105
Taula 18: Temperatures i percentatge d'obertura dels rotàmetres. Font: Pròpia .....	107
Taula 19: Temperatures i percentatges d'obertures del rotàmetres a contracorrent. Font: Pròpia .....	107
Taula 20: Dades recollides en la primera experiència de la pràctica d'agitació .....	114

Taula 21:Dades recollides en la segona experiència de la pràctica d'agitació.....	114
Taula 22: Dades recollides en la tercera experiència de la pràctica d'agitació.....	115
Taula 23: Taula de resultats d'alçada de greix obtinguda en funció de la velocitat de centrifugació en rpm .....	159
Taula 24: Resultats obtinguts per a cada proveta i velocitat de gir de greix en grams per cada 100mL de llet.....	162
Taula 25: Taula de resultats de % en massa de greix a la llet per les diferents mostres i velocitats .....	163
Taula 26:Índex de refracció per a cada mostra inicial.....	173
Taula 27: Perímetre del globus i índex de refracció de les diferents mostres després de 24h	174
Taula 28: Evolució dels índex de refracció de les diferents mostres .....	177
Taula 29: Taula de dades de concentracions i absorbàncies mesurades de les diferents mostres per duplicat. ....	200
Taula 30: Absorbàncies mesurades per a les diferents mostres un cop tractades i passades pels diferents gruixos de filtre de carbó actiu. Cada mostra es mesura la seva absorbància per duplicat.....	201
Taula 31: Resultats obtinguts de concentració en ppm de l'equació 43, per a cada mostra. ..	202
Taula 32: Resultats obtinguts de les equacions 45 i 46, ordenats per gruix de filtre usat. ....	205
Taula 33- Absorbàncies obtingudes del espectròmetre UV-Vis.....	218
Taula 34- Dades obtingudes amb l'espectròmetre. Font:Pròpia. ....	220
Taula 35:Temperatures minut a minut de l'aigua per a mesurar poder energètic del biodièsel. ....	232
Taula 36: Taula de valoracions dels estudiants per a les diferents pràctiques, es pot veure les valoracions al Annex 2.....	249
Taula 37:Desviacions mitjanes entre les ponderacions donades per els alumnes enquestats.	250
Taula 38: Puntuació mitja de l'interès despertat per cada pràctica on la més interessant és la més propera a 1 i la menys interessant és la més propera al valor 13, segons els estudiants que han realitzat les pràctiques. ....	251
Taula 39: Valoració de la dificultat de les diferents pràctiques per part dels estudiants que han realitzat els tallers. ....	253
Taula 40: Classificació obtinguda per les diferents pràctiques de menor a major dificultat. ....	254
Taula 41:Valoració per part dels alumnes del material previ aportat per l'estudiant d'enginyeria química .....	256
Taula 42: Valoració general dels tallers i del alumne d'enginyeria encarregat de donar suport als estudiants de batxillerat al laboratori.....	258

**Equacions**

Equació 1: Equació de Bernoulli.....	67
Equació 2: Equació de pèrdues de càrrega per a complements .....	68
Equació 3: Aïllament de les pèrdues de càrrega a l'equació de Bernoulli .....	82
Equació 4: Calor bescanviada pel fluid calent .....	92
Equació 5: Calor bescanviada per el fluid fred .....	93
Equació 6: càlcul de la quantitat de calor bescanviada.....	93
Equació 7: Càlcul de l'increment de temperatura logarítmica.....	94
Equació 8: Càlcul de l'increment de temperatura logarítmica d'un intercanviador de tubs concèntrics en configuració contracorrent .....	95
Equació 9: Flux de calor bescanviat .....	104
Equació 10: Càlculs de l'intercanvi de calor entre fluid fred i calent en la configuració en paral·lel.....	104
Equació 11: Càlculs de l'intercanvi d'energia entre fluid fred i calent en la configuració a contracorrent .....	104
Equació 12: Càlcul de l'increment de temperatura logarítmica.....	105
Equació 13: càlcul de la quantitat de calor bescanviada .....	105
Equació 14: Factor de conversió usat per trobar el valor teòric d'oli essencial a extreure per cada 100g de menta.....	124
Equació 15: Càlcul dels volums necessaris per a la producció d'un metre cúbic d'emulsió. ....	135
Equació 16: Càlcul del volum equivalent a 10g d'anhídrid acètic .....	142
Equació 17: Rectificació de la massa a addicionar d'àcid salicílic amb la puresa. ....	142
Equació 18: Càlcul de la massa de compost obtingut .....	143
Equació 19: Càlcul de la puresa del cristall obtingut de la reacció .....	144
Equació 20: Resultat del càlcul de la puresa a partir de la temperatura de fusió .....	145
Equació 21: Càlcul de la massa continguda en un comprimit d'àcid acetilsalicílic, tenint en compte la seva puresa.....	145
Equació 22: Càlcul de la massa de l'excipient necessària .....	146
Equació 23: Càlcul de la puresa del compost obtingut .....	148
Equació 24: Càlcul del volum d'un cilindre regular. ....	159
Equació 25: Càlcul dels volums de greix separats per les diferents velocitats de gir de la centrifuga. A 1500, 3000 i 4500 rpm.....	160
Equació 26: Càlcul del % volumètric de greix separat.....	161
Equació 27: Càlcul del % volumètric de greix separat per cada velocitat de gir.....	162

Equació 28: Factor de conversió de fracció volumètrica de greix a massa de greix per cada 100mL de llet.....	162
Equació 29: Càlcul del tant per cent en massa de greix en residu sec de llet.....	163
Equació 30: Equació estequiomètrica de la fermentació alcohòlica dels sucres .....	169
Equació 31: Càlcul del perímetre d'una circumferència .....	175
Equació 32: Càlculs dels radis dels diferents globus, a partir del perímetre d'aquests. ....	175
Equació 33: Equació del volum d'una esfera .....	175
Equació 34: Càlcul del volum de gas desplaçat dins dels globus. ....	175
Equació 35: Aplicació numèrica de la llei de gasos ideals.....	175
Equació 36: Càlcul del nombre de mols de diòxid de carboni per a la mostra 1 .....	176
Equació 37: Càlcul del nombre de mols de diòxid de carboni per a la mostra 2 .....	176
Equació 38: Càlcul del nombre de mols de diòxid de carboni per a la mostra 3 .....	176
Equació 39: Càlcul del tant per cent de greixos presents a la mostra de fruit sec. ....	191
Equació 40: Equació de la recta de la recta de calibratge.....	201
Equació 41: Càlcul de les concentracions, per les absorbàncies obtingudes de les diferents mostres, usant la recta de calibratge. ....	202
Equació 42: Equació de la recta de calibratge obtinguda. ....	203
Equació 43: Equació de la recta de concentracions en funció del gruix dels filtres de carbó actiu.....	204
Equació 44: Tant per cent de reducció de polifenols diluïts en l'aigua després de la filtració. ....	204
Equació 45: Concentració d'argila tanc 1 .....	216
Equació 46: Concentració d'argiles tanc 2 .....	216
Equació 47: Concentració mitja de la mostra M0 .....	217
Equació 48: Càlculs de la massa de sulfat fèrric (Floculant) a addicionar a cada mostra. ....	217
Equació 49: Equació de transmissió d'energia en forma de calor .....	227
Equació 50: Càlcul del volum a addicionar de solució de sosa .....	229
Equació 51: Càlcul del Biodièsel consumit. ....	233
Equació 52: Càlcul de la potència calorífica del biodièsel generat. ....	234
Equació 53: semireacció del estany a estany (II).....	242
Equació 54: Gruix del recobriment .....	243

## **10.- Annexos.**